Hov e l

Die

Musik

und die

musikalischen Instrumente.

Die

Musik

und die

musikalischen Instrumente

in ihrer Beziehung zu den Gesetzen

der

Akustik

von

Friedrich Zamminer.

Mit Holzschnitten.

Gießen, 1855.
J. Ricker'sche Buchhandlung.

Seinem Vater

Johannes Zamminer

Geh. Oberforstrath in Darmstadt

widmet diese Schrift

der Verfasser.

Vorwort.

Die Bedenken, welche gegen die Abfassung einer Schrift sprechen, worin die mathematische Grundlage der Musik einem größeren Leserkreise verständlich gemacht und die Anwendung der akustischen Gesetze in dem Baue der musikalischen Instrumente nachgewiesen werden soll, sind mir während der Bearbeitung selbst sonnenklar geworden. Unser mathematisch-physikalisches Wissen reicht gerade erst hin, um sowohl bezüglich der Harmonieverbindungen, als bezüglich des Instrumentenbaues den Anfang zum Verständniß des bereits Vorhandenen zu gewinnen und es wird voraussichtlich noch lange Zeit brauchen, bis die Wissenschaft in die theoretischen und practischen Gebiete der Kunst überall helles Licht sendet.

Aber das Fertige und Abgeschlossene ist es nicht, was anzieht und denkende Geister beschäftigt — darum glaubte ich, den Leser auch an solche Beete führen zu dürfen, wo eben erst Keime sprießen. Keine Kunst ist verbreiteter, als die der Musik, kein anderer Zweig der Naturlehre vermag so viel Nutzen aus der Erfahrung der Künstler zu ziehen, als die Akustik, und insofern hielt ich es an der Zeit, durch die geeignete Form der Darstellung alle Diejenigen, welche sich mit Musik beschäftigen, mit den Forschungen vertraut zu machen, welche über die Bewegung der Saiten, die Schwingungen der Luft und den Bau der musikalischen Instrumente selbst, von Mersenne, Bernoulli, Chladni, Savart und Seebeck, vor Allen aber von unserm genialen Landsmanne, Wilhelm Weber, angestellt worden sind. — Vorzugsweise in die drei ersten Abschnitte über

Streichinstrumente und Akustik der Gebäude, sowie in den siebenten, achten und zwölften Abschnitt sind die Sätze der Akustik eingeflochten, in einer, wie ich hoffe, jedem Gebildeten faßlichen Darstellung.

Manches Goldkorn, welches der Wissenschaft nützen konnte, habe ich bei Musikern und Instrumentenmachern unbenutzt liegen gefunden, weil den Besitzern der Faden fehlte, welcher sie aus dem Gebiete der Kunst in das der Wissenschaft leiten konnte. Meine Absicht war, durch vorliegende Schrift, in welcher die Namen Amati und Mersenne, Händel und Chladni, Mozart und Humboldt nebeneinanderstehen, solches Gold in Bewegung zu setzen.

Es war für mich mit besonderen Schwierigkeiten verbunden, mich in den neueren Fortschritten des Instrumentenbaues hinreichend zu orientiren, da an meinem Wohnort weder Instrumentenmacher, noch auch gute Instrumente zu finden sind. Diese Schwierigkeiten wären noch größer gewesen, hätte ich mich nicht der zuvorkommenden Unterstützung des Herrn Cantors Schwabe dahier, eines theoretisch und practisch sehr vielseitig gebildeten Musikers, zu erfreuen gehabt.

Bezüglich der Instrumente außereuropäischer Völker bin ich durch die Gefälligkeit des Herrn Bibliothekars Dr. Walther unterstützt worden, welcher mir die zahlreichen Bilderwerke und Reisebeschreibungen der Großh. Hofbibliothek, sowie der Cabinetsbibliothek zu Darmstadt zur Durchsicht gab.

Schließlich halte ich es für meine Pflicht, dem Herrn Verleger für die Opfer, welche er der guten Ausstattung dieser Schrift brachte, meinen Dank auszusprechen.

Gießen, im November 1855.

F. Zamminer.

Inhalt.

†

1. Die Violine.

Durch die allgemeinere Verbreitung nützlicher, insbesondere naturwissenschaftlicher Kenntnisse und Einsichten hat mit dem 19. Jahrhundert eine neue Epoche geistiger Entwickelung begonnen. Wenn aber auch die Forschungen im Gebiete der Chemie, der Optik, der electrischen Kräfte in diesem Jahrhundert reich waren an fruchtbaren Resultaten, wenn die im vierten Jahrzehnt fast gleichzeitig auftauchenden Erfindungen der Photographie und der galvanischen Telegraphie zu den interessantesten und nützlichsten gehören, welche je ersonnen wurden, so wird unsere Zeit doch in der Fruchtbarkeit an neuen Geistesrichtungen und Erfindungen weit zurückgelassen von dem 17. Jahrhundert. Wer eine Vorstellung davon hat oder sich bilden will, was die Erfindung des Thermometers, des Barometers und der Luftpumpe, des Fernrohrs und Mikroskops, was die Anwendung des Pendels in der Zeitmessung für den Fortschritt in der Naturerkenntniß bedeuten, welchen Werth in dieser Beziehung die Auffindung der Gesetze der Lichtbrechung, der Zerlegung des Lichtes in Farben und die Messung seiner Geschwindigkeit haben, wer sich darüber unterrichtet, welche Fülle neuer Anschauungen und wissenschaftlicher Hülfsmittel sich an die Namen: Kepler, Huyghens, Galilei und Newton, knüpfen, daß von diesen Forschern der Bau des Weltgebäudes erklärt, daß von ihnen die allgemeinsten Gesetze der Bewegung erkannt wurden — dem muß jene Zeit in eigenthümlichem Zauber üppiger Schöpfungskraft erscheinen, er

muß darin die reiche Ernte eines Sommers erkennen, welcher dem neuen Geistesfrühling vorangegangener Jahrhunderte folgte.

Die Zeit, welcher wir diese Lobrede widmen, hat auch das Aufblühen einer Kunst zu höherer Vollendung gesehen, welche jetzt alle Lebenskreise durchdrungen hat und wie keine andere, zum eigentlichen Bedürfniß der Civilisation geworden ist. Die Musik rang sich im 17. Jahrhundert aus den strengen Regeln des älteren Contrapunktes und aus den Grenzen des Kirchengesanges zu größerer Lebensfülle los; die Entwickelung der dramatischen Musik gehört jenem Zeitraume an.

Indem wir die folgenden Betrachtungen einigen der schönen Gesetze widmen, welche die wissenschaftliche Forschung im Gebiete der Musik, oder, allgemeiner gesprochen, im Reiche der Töne, des Schalles, aufgefunden hat, liegt es uns nahe, mit der Beschreibung eines musikalischen Instrumentes zu beginnen, welches zu keiner späteren Zeit in größerer, vielleicht kaum in gleicher Vollendung gebaut wurde, als im 17. Jahrhundert und welches unter den zahlreichen Beispielen, wie beharrliche Empirie, gestützt auf feinen Tact und Kunstsinn, oft weit der wissenschaftlichen Erkenntniß voraneilt, eines der merkwürdigsten ist. Mit der Familie der Amati und ihrer Schüler, der Guarneri und Stradivari, welche sämmtlich im Laufe des 17. Jahrhunderts in Oberitalien lebten, und mit dem Tyroler Stainer schließt sich die Reihe der Künstler ab, deren Violinen heutzutage noch den höchsten Rang einnehmen. Den beharrlichsten Bemühungen eines Physikers unserer Zeit ist es nicht vollständig gelungen, den stereotypen Bau jener Krone aller musikalischen Instrumente aus den Sätzen der Wissenschaft zu erklären und abzuleiten.

Wir können übrigens auf die folgenden Betrachtungen nicht eingehen, ohne den Leser vor einer Täuschung zu warnen, welche nicht allzu ferne liegt. Wer die zauberhafte Macht der Musik zu empfinden vermag und die reiche Mannichfaltigkeit der Sprachen kennen gelernt hat, welche aus dem Chor der musikalischen Instrumente zu uns reden, wird wohl leicht bewogen, nach den äußern, materiellen Bedingungen jener wunderbaren Verbindung zu fragen, welche die Töne zwischen den Gemüthern der Menschen herstellen.

Aber er darf nicht hoffen, in den Betrachtungen, zu welchen jene Frage Veranlassung gibt, einen Wiederhall der poetischen Empfindungen, jenen Reiz eines graciösen Schwunges der Gefühle wiederzufinden, welche die Musik selbst in uns erregt. Naturwissenschaftliche Erörterungen sind nothwendig nüchterner und verständiger Art, sie erfordern unter allen Umständen Sammlung und Anstrengung des Geistes, welche an sich nicht zu den Genüssen gerechnet werden können. Was kann nüchterner sein, als die Bestandtheile einer Violine, die gewundene Thierhaut, welche schwingend erklingen soll, die Bretchen, welche den Ton verstärken, der Bogen, welcher ihn aus den Saiten hervorrufen soll? Der Naturforscher ist genöthigt, diese Bestandtheile, ihre Schwingungsverhältnisse im Einzelnen und in Verbindung mit einander zu untersuchen; er muß Länge und Dicke, Gewicht und Spannung, Schwingungszahl und Tonhöhe messen und vergleichen. Aber die Erforschung der Gesetze, welchen das Einzelne unterthan ist, die Erkenntniß der Wahrheit gewährt ihm jenen höheren geistigen Genuß, welchen ein griechischer Philosoph vor mehr als zwei Jahrtausenden, in seiner Anwendung auf die Erkenntniß des Himmelsgebäudes, symbolisch als Musik der Sphären bezeichnete.

Ein Beispiel wird vielleicht den Unterschied, auf welchen wir hindeuten wollen, deutlicher hervortreten lassen. Der zierliche Bau und der fröhliche Farbenglanz der Blumen spricht zu jedem poetischen Gemüthe. Darum konnte aus ihrem Bereiche der Dichter die Sinnbilder der Jugend und Freude, der Bescheidenheit, der Unschuld und Liebe wählen, darum spielen die Blumen in den Locken der Braut und schmücken unsere letzte Wohnstätte, ein Symbol der ewigen Jugend des Geistes. Weit verschieden von dieser poetischen Auffassung ist die Betrachtungsweise des Naturforschers. Er zerpflückt die schönste Blüthe, um die feinen Fäden zu zählen, welche ihr Kelch umschließt, er spaltet das Blatt, und unter dem vergrößernden Glase späht er an dem sterbenden Organe dem Kreislauf der Säfte nach, er verbrennt Blatt und Stengel in der Retorte zu Luft und Asche. Dieser Asche aber entsteigen die geläuterten Gedanken, welche das geheimnißvolle Getriebe des Lebens enthüllen, welche zeigen, wie ein harmonischer Austausch ihrer Le-

bensbedingungen die Pflanzenwelt mit der Thierwelt verknüpft. Der Forscher wird sich, auf einem solchen Höhepunkt der Erkenntniß, seiner Gemeinschaft mit dem schaffenden Geiste bewußt und gegen die Harmonie, welche sein inneres Ohr vernimmt, erscheint jene poetische Auffassung der Blumenwelt nur als ein kindliches Spiel.

Der Trieb nach solch' höherer Erkenntniß ließ Galilei „alle Kraft der Seele daran setzen, um hindurch zur Wahrheit zu brechen und verjährte, mächtige Vorurtheile zu Boden zu kämpfen, die ihm den Weg vertraten; er ließ ihn, karg gegen sich selbst, die Tafel fliehn, nach der ihn gelüstete und den Becher von den Lippen ziehen, den er ausleeren wollte, um nicht träg zu werden zu den Arbeiten des Geistes; er ließ ihn mit den Stunden des Schlafes darben, um sie der Weisheit zu schenken, zitternd den Frost der Nächte ertragen, um das Firmament zu betrachten, oder in trüben umwölkten Nächten beim Scheine der Lampe wachen, um die Ehre der Gottheit zu verkünden und die Welt zu erleuchten.“ (Engel, Traum des Galilei.)

Weit entfernt, alle Anstrengungen und Entbehrungen des Forschers theilen zu müssen, wenn es gilt, die gewonnenen Resultate zu überblicken und zu verstehen, wird dem Leser doch keine Form der Darstellung jede Mühe, jede Betrachtung von Zahl und Maß entbehrlich machen. Die reizenden Linien der äußeren Form, die lebensfrischen Farben geben uns nicht Aufschluß über Wesen und Bedeutung eines Organismus und seiner Theile. Wir müssen uns entschließen, unsere Blicke auf das Skelett zu richten, welches dem Ganzen zur Stütze dient und auf die Gefäße, welche es ernähren, auf Muskeln und Nerven, welche Bewegung und Empfindung vermitteln.

Die Saiten der Violine nehmen als die eigentliche Tonquelle vor allem Andern unsere Aufmerksamkeit in Anspruch. Es sind sämmtlich Darmsaiten und nur die dem tiefsten Tone angehörige ist mit feinem Silberdraht übersponnen. Alle sind in Einschnitten des Saitenhalters befestigt und laufen von da über den Steg und das Griffbret nach dem Wirbelkasten. Durch Drehung der Wirbel,

um welche sie geschlungen sind, ertheilt man ihnen den erforderlichen Grad der Spannung; ihre tongebende Länge ist durch den Steg einerseits, durch den oberen Rand des Griffbretes, den sogenannten Sattel, andererseits, abgegrenzt.

Fig. 1.



Bezüglich der Bewegung, welche das Tönen begleitet, und der dabei herrschenden Gesetzmäßigkeiten, ist die Saite das einfachste, das am Leichtesten verständliche Schallmittel. Daher mag es sich erklären, daß die Saiteninstrumente in den Formen der Leyer, der Cither, der Harfe, der indischen Vina und des chinesischen Kin ins graueste Alterthum hinaufreichen; daß Pythagoras und seine Schüler bereits die einfachen Beziehungen, welche zwischen der Länge einer Saite und ihren Tönen bestehen, kannten und die ausgespannte Saite, das Monochord, zu den Abmessungen der griechischen Tonsysteme benutzten, daß endlich die wissenschaftliche Akustik das Problem der Saitenschwingungen vor allen andern gelöst hat.

Durch ein aufmerksames Beschauen der Streichinstrumente unserer Orchester, durch Beobachtung eines Spielers kann man Aufschluß über alle wesentlichen Momente der Saitenschwingungen erhalten. Die Viola, das Violoncelle, der Contrebaß sind ähnlich bezogen, wie die Violine; allein die Saiten werden um so länger

und schwerer, je tiefer die Tonlage des Instrumentes ist. Da es die Technik des Spielens nicht zuläßt, die Saiten jedes einzelnen Instrumentes, je nach ihrer Tonhöhe, von verschiedener Länge zu wählen, so muß umsomehr ihr Gewicht nach der Tiefe hin zunehmen. Indessen kann man bei gegebener Länge die Dicke einer Saite nicht über ein gewisses Maß wachsen lassen, wenn nicht die Biegsamkeit verloren gehen soll, welche eine ihrer wesentlichsten Eigenthümlichkeiten ausmacht. Das Umspinnen mit Silberdraht, welches bei der tiefsten Saite der Violine und den beiden tiefsten der übrigen Streichinstrumente angewendet ist, erhöht das Gewicht bedeutend, ohne der Biegsamkeit in gleichem Grade Eintrag zu thun.

Wenn der Violinspieler eine Saite seines Instrumentes höher stimmen will, spannt er sie durch Drehung des Wirbels stärker an und er läßt etwas an der Spannung nach, wenn der Ton zu hoch geworden war. Allein dieses Mittel, die Tonhöhe zu ändern, ist nur in engeren Grenzen brauchbar. Wollte man eine Violine z. B., welche in den Quinten g, d_1, a_1, e_2, gestimmt ist, mit vier ganz gleichen Saiten, etwa solchen, wie man sie jetzt für e_2 braucht, beziehen und nur durch die Spannungsunterschiede die verschiedene Tonhöhe hervorbringen, so müßte für den Ton g die Spannung sehr nahe 25mal geringer sein, als für e_2. Mit mehr als 25 Pfund dürfte man aber eine e_2 Saite nicht spannen, da sie bei 29 Pfund Belastung schon reißt; so bliebe denn für die g Saite keine größere Spannung als 1 Pfund übrig. Abgesehen davon, daß die Festigkeit und Dauer des Instrumentes unter dieser ungleichen Belastung der vier Saiten leiden müßte, würden die tiefsten, so äußerst schwach gespannten Saiten nur schlecht klingen. Jede Saite verlangt ein mit ihrer Dicke wachsendes Maß der Spannung, um einen guten musikalischen Klang auszugeben und aus der folgenden Uebersicht kann man entnehmen, daß keine Saite eines Streichinstrumentes mit weniger als $1/5$ des Gewichtes gespannt ist, bei welcher sie reißt; daß aber in den höheren Tönen die Spannung der Hälfte des Festigkeitsmaßes sich nähert und bei der e_2 Saite der Violine selbst darüber hinausgeht.

		Schwingungszahl	Gewicht v. 1 Par. Fuß	Spannung	Festigkeit
			Milligr.	Kilogr.	Kilogr.
Violine	e_2	659,3	153,5	8,965	14,4
Länge der	a_1	440,0	264,0	6,875	18,5
Saiten	d_1	293,6	546,0	6,327	29,3
12''1'''	g	196,0	984,0	6,255	22,3
Viola	a_1	440,0	265,1	8,780	18,5
Länge der	d_1	293,6	546,0	8,268	29,3
Saiten	g	196,0	1045,3	6,995	22,3
13''9'''	c	130,8	—	—	—
Violoncelle	a	220,0	512,4	14,330	—
Länge der	d	146,8	859,7	10,760	—
Saiten	G	98,0	1804,5	10,040	—
25''1'''	C	65,4	—	—	—
Contrebaß	G	98,0	3485,0	52,3	118,0
Länge der	D	73,4	6622,6	55,3	213,0
Saiten	A_{-1}	55,0	—	—	—
41''	E_{-1}	41,2	—	—	—

Die Länge der Saiten ist in Pariser Zollen und Linien angegeben, ihre Spannung auf dem richtig gestimmten Instrument, sowie ihre Tragkraft, in Kilogrammen (1 Kilogramm = 2 Pfund).

Keiner der Einflüsse, welche die Tonhöhe einer schwingenden Saite bedingen, ist der Beobachtung leichter zugänglich, als derjenige der ungleichen Länge. Beim Spielen der Violine sieht man die linke Hand des Künstlers unablässig thätig, durch Aufsetzen der Fingerspitzen die schwingenden Theile der Saite zu kürzen oder zu verlängern, je nachdem er ihr einen höheren oder tieferen Ton entlocken will.

Jede Aenderung im Gewichte einer Saite also, in ihrer Spannung oder ihrer Länge hat nothwendig eine Aenderung der Tonhöhe zur Folge. Dagegen kann man sicher sein, den nämlichen Ton wieder zu erhalten, wenn es gelingt, jene drei Umstände in aller Schärfe wieder herzustellen. Die Chinesen beziehen von jeher ihre beiden Saiteninstrumente, das Kin und Tsché, mit Fäden von Seide, die Inder ihre Vina mit Stahl- und Messingfäden, die Aegypter, die Griechen und Römer bedienten sich vorzugsweise der Saiten aus thierischer Sehne und Haut, sowie der Faser des Hanfs und des Leins. Metallfäden wußte man im Alterthum nur durch

Schmieden darzustellen, die Kunst des Drahtziehens ist eine Erfindung des Mittelalters. Allein um die Stimmung der Saiteninstrumente jener Völker zu kennen, brauchte man nichts über den Stoff noch über die Bereitungsweise ihrer Saiten zu wissen, wenn die Länge und das Gewicht der schwingenden Theile, sowie die Kraft, mit welcher sie gespannt waren, uns bekannt wären. Biegsame Fäden, welche bei gleicher Länge das nämliche Gewicht haben, geben bei gleicher Spannung dieselbe Tonhöhe, mögen es nun Oesterreichs oder Englands vollkommenste Stahlsaiten, oder die Wurzelfasern des Palmbaums sein, mit welchen der Neger sein monotones Saiteninstrument bezieht.

Wie bereits angeführt, hat man im Alterthum seit Pythagoras die feine Intervallenbestimmung der griechischen Tonleitern an der gespannten Saite vorgenommen und als die christliche Musik emporzublühen begann, diente das Monochord den Singschülern zur Einübung der Kirchentöne; aber erst im 17. Jahrhundert gelang es Mersenne, den Einfluß jedes einzelnen der erwähnten Umstände, der Länge, der Spannung, des Gewichtes, auf die Bewegung der Saite, auf die Zahl ihrer Schwingungen, zu bestimmen. Daß man die höhere Octave des Grundtones einer gespannten Saite höre, wenn man die halbe Länge derselben schwingen lasse, die Quinte dieser Octave, wenn man die Saite auf den dritten Theil ihrer anfänglichen Länge verkürze, wußten schon die Pythagoräer, aber der französische Physiker bewies, daß die Anzahl der Schwingungen in der Sekunde sich verdoppele, wenn man die Länge auf die Hälfte, verdreifache, wenn man sie auf ein Drittel vermindere, oder allgemein, daß die Zahl der Schwingungen in gleichem Verhältnisse größer werde, als man die Länge vermindere.

Nicht ganz so einfach ist das Verhältniß zwischen der Schwingungszahl der Saite und der Belastung, welche sie zwischen zwei unverrückbaren Punkten ausgespannt erhält. Um die Saite bei unveränderter Länge zu Schwingungen von der doppelten Schnelligkeit zu veranlassen, genügt es nicht, die Spannung zu verdoppeln, sie muß viermal größer werden; damit die Saite von dem Grundton zu der Quinte der Octave übergehe, also ihre

Schwingungszahl in Einer Secunde verdreifache, muß die Spannung auf das Neunfache vermehrt werden; oder im Allgemeinen müssen die Spannungen wachsen im Verhältniß der Quadrate der Schwingungszahlen.

Gerade das umgekehrte Gesetz ergab sich, als Mersenne die Schwingungszahlen verschiedener Saiten bei gleicher Länge und Spannung mit deren Gewichten verglich. Die Gewichte gleich langer Stücke, z. B. von 1 Pariser Fuß, müssen in gleichem Verhältniß geringer werden, wie die Quadrate der Schwingungszahlen wachsen. Bei dem d und G des Violoncelle's z. B. sind die Längen gleich und auch die Spannungen nur wenig verschieden, die Schwingungszahlen verhalten sich wie 3 : 2, ihre Quadrate also wie 9 : 4 und in der That stehen die Gewichte von 1 Pariser Fuß dieser Saiten nahe im Verhältniß von 4 : 9. Daß die d Saite etwas schwerer ist, als das genaue Einhalten dieses Verhältnisses erfordern würde, macht für dieselbe ein kleines Uebergewicht der Spannung nöthig. Aehnliche Betrachtungen gelten für das D und G des Contrebasses, deren Schwingungszahlen sich nahe wie 3 : 4 verhalten.

Die mechanische Theorie der Saitenschwingungen, welche Taylor zu Ende des 18. Jahrhunderts entwickelte, gab das Mittel an die Hand, die Gesetze dieser Bewegung in einen einzigen mathematischen Ausdruck zusammenzufassen, welcher für die practischen Anwendungen der Akustik darum von besonderem Interesse ist, weil er eine scharfe Bestimmung der Schwingungszahlen gegebener Töne möglich macht (vergl. Anhang 1).

Die Messung der Schwingungszahl eines Tones ist sonach abhängig gemacht von einer Längenmessung, welche durch die vereinten Bestrebungen von Wissenschaft und Kunst einen so hohen Grad der Genauigkeit erreicht hat, und von der Bestimmung von Gewichten, für welche die Wage ein höchst empfindliches Werkzeug abgiebt. Immerhin ist diese Messung ein lehrreiches Beispiel der Schwierigkeiten, welche sich der Naturforschung auch bei den einfachsten Fragen entgegenstellen. Störende Einflüsse bewachen wie böse Genien die Schwelle jener Zauberschlösser, in welchen die Wahrheiten im Todesschlafe liegen, bis es einem glücklichen und

beharrlichen Kämpfer gelingt, zu ihnen zu bringen und die Formel der Entzauberung zu finden. Nicht nur Stärke und hartnäckige Ausdauer wappnet jene bösen Geister, sondern öfter noch peinigen sie ihren Gegner durch Tücke und Arglist. Gleich den wassertragenden Hexen des Zauberlehrlings erstehen sie nicht selten in vermehrter Zahl, wenn man sie zu Tode getroffen glaubte. Um nicht nur in Bildern zu reden, führen wir einige der Nebenumstände an, welche erkannt und unschädlich gemacht werden mußten, damit die gespannte Saite ein so vorzügliches Meßinstrument der Schwingungszahlen werden konnte, wie es das Monochord W. Weber's darstellt.

Die Saite, ein möglichst biegsamer Faden von durchaus gleichmäßiger Beschaffenheit, muß senkrecht an dem Meßinstrumente herablaufen, damit die unten angehängte Belastung ohne Dazwischenkunft eines Reibungshindernisses vollständig als spannende Kraft wirkt. Unter dem Einfluß dieser Kraft aber dehnt sich die Saite, das Gewicht eines Stücks von bestimmter Länge vermindert sich. Nur wenn die Saite zuvor einige Zeit lang bis beinahe zum Zerreißen belastet war, kann man sicher sein, daß jene Dehnungen immer mit den Belastungen in gleichem Verhältnisse wachsen, so daß ihre Größe sich in jedem einzelnen Falle berechnen läßt, wenn man sie bei irgend Einer Belastung gemessen hat. Eine Begrenzung des tönenden Stückes der Saite, ähnlich wie durch Steg und Sattel an der Violine, würde zu genauen Messungen nicht genügen. An deren Stelle dienen metallene Klemmen, welche das schwingende Stück auf das Schärfste abgrenzen, ohne die Saite zu quetschen oder ihre cylindrische Form im Geringsten zu ändern. Diese Klemmen sind in möglichst unelastische Massen, in Stücke Sandstein, befestigt, damit die Bewegung der Saite sich nicht, wenn auch in noch so geringem Maße, dem ganzen Instrument mittheile, die Endpunkte des schwingenden Stückes vielmehr als unbeweglich gelten können, eine Voraussetzung, unter welcher die oben aufgestellten Schwingungsgesetze allein sich vollständig bewähren.

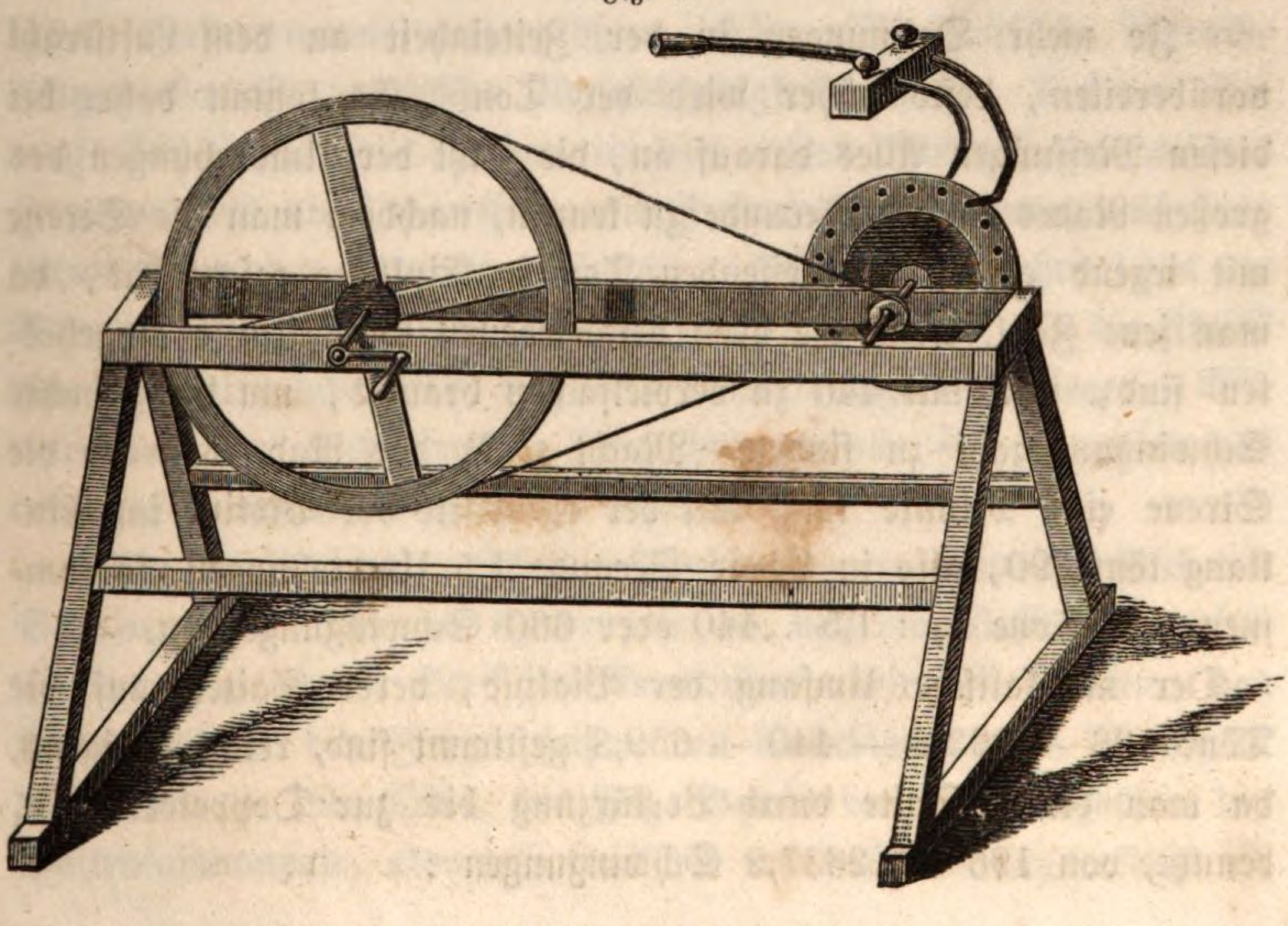
Selbst die von dem Körper des Beobachters ausstrahlende Wärme vermöchte die Richtigkeit der Messung zu trüben, namentlich, wenn die Saite sich erwärmte, nachdem sie gespannt und ein be-

stimmtes Stück abgegrenzt worden. Sie würde sich dann ausdehnen, erschlaffen, und darum tiefer tönen.

Mersenne verfuhr einfacher zu einer Zeit, in welcher die messende Physik noch in der Kindheit stand. Er fand durch unmittelbare Zählung, daß eine Saite von 15 Fuß Länge, welche er mit 7 Pfund gespannt hatte, in der Secunde 10 Schwingungen machte. Diese Saite tönte freilich nicht; dagegen gab sie, auf den zwanzigsten Theil ihrer Länge verkürzt, bei gleicher Spannung einen Ton von 200 Schwingungen, welchen Mersenne als Normalton annahm, ähnlich wie dies heutzutage von dem Ton der Stimmgabeln unsrer Orchester gilt.

Ein auf jeden Ton unmittelbar anwendbares Verfahren der Zählung seiner Schwingungen bietet die in folgender Figur abgebildete Sirene, welche den Forscher nicht durch den Reiz ihrer Stimme mit den Gefahren des homerischen Helden bedroht, dagegen ihm, wenn auch mit heißerem Klange, lautere Wahrheit singt, wenn er ihr Vertrauen zu gewinnen weiß. Kein anderer Apparat hat Aufschluß über so viele interessante Fragen der Schallbildung gegeben, als der hier abgebildete unter den Händen des vor wenigen Jahren verstorbenen Physikers Seebeck.

Fig. 2.



Denken wir uns das Rad in gleichmäßiger Drehung während Einer Secunde Einen Umlauf vollenden, so wird der 20mal kleinere Wirtel, mit welchem es durch den nämlichen Schnurlauf verbunden ist, in derselben Zeit sich 20mal drehen und mit ihm zugleich die Löcherscheibe von Pappe oder Weißblech, welche an gleicher Axe aufsitzt. An dem Umfange dieser Scheibe seien in gleichen Abständen gleich weite Oeffnungen angebracht, und der in der Abbildung dargestellte kleine Blaseapparat so gerichtet und auf einem Stative befestigt, daß ein mit dem Mund eingetriebener Luftstrom, welcher mittelst der kleinen Ventile beliebig zu den Ausflußröhren geleitet werden kann, rechtwinklig gegen die umlaufende Löcherscheibe stößt. In kurzen und gleichdauernden Abwechslungen wird dieser Strom durch die Wand der Scheibe aufgehalten, oder er übt, durch die Oeffnungen tretend, Stöße auf die gegenüberliegende ruhende Luft aus, Stöße, deren Wirkung sich bis zum Gehörorgane des Beobachters fortpflanzt, und sich, wenn z. B. 22 Oeffnungen im Umkreis der Scheibe angebracht sind, in der Secunde 20 . 22 = 440mal wiederholt. Diese Wirkung ist hinreichend, einen Ton zu erzeugen, von unveränderlicher Höhe, so lange die Umdrehungsgeschwindigkeit gleich bleibt, in seiner Stärke bedingt durch die Heftigkeit des Luftstroms.

Je mehr Oeffnungen in der Zeiteinheit an dem Luftstrahl vorübereilen, desto höher wird der Ton. Es kommt daher bei diesen Messungen Alles darauf an, die Zahl der Umdrehungen des großen Rades in der Secunde zu kennen, nachdem man die Sirene mit irgend einem zu messenden Ton in Einklang gesetzt hat, da man jene Zahl, wenn die oben beschriebenen Verhältnisse eingehalten sind, nur mit 440 zu vervielfachen braucht, um die gesuchte Schwingungszahl zu finden. Macht z. B. das Rad, während die Sirene eine Minute lang mit der e_2 Saite der Violine im Einklang tönt, 90, also in Einer Secunde 1,5 Umdrehungen, so kommen dem Tone e_2 : 1,5 . 440 oder 660 Schwingungen zu.

Der musikalische Umfang der Violine, deren Saiten auf die Töne 196 — 293,6 — 440 — 659,3 gestimmt sind, reicht übrigens, da man die e_2 Saite durch Verkürzung bis zur Doppeloctave e_4 benutzt, von 196 bis 2637,2 Schwingungen :

$$g = 196,\ d_1 = 293{,}6,\ a_1 = 440,\ e_2 = 659{,}3$$
$$e_3 = 1318{,}6$$
$$e_4 = 2637{,}2.$$

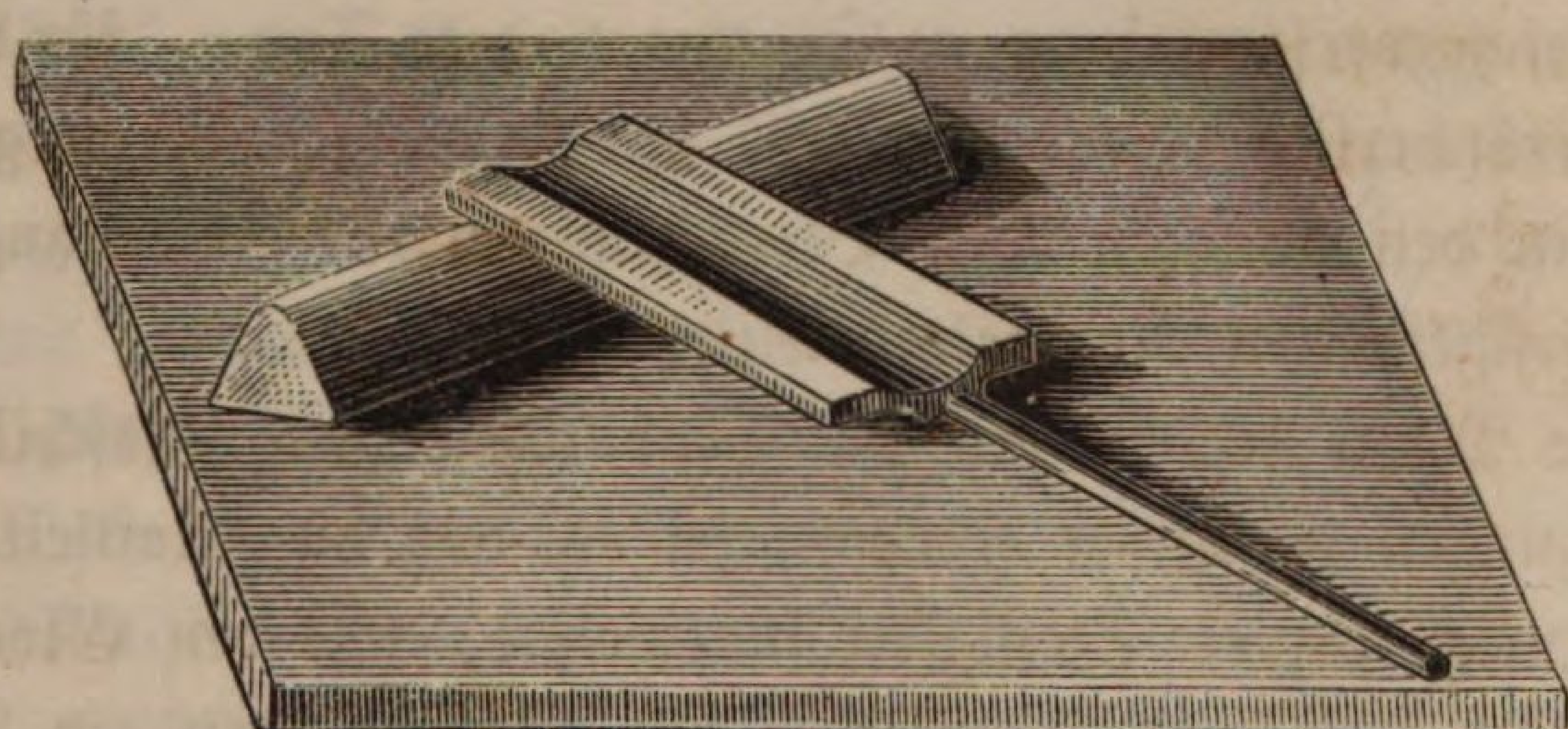
Der Ton der dritten Saite a_1 ist der Normalton, welcher in den Stimmgabeln der Orchester bewahrt wird und an welchen sich die Stimmung aller Instrumente anschließt. Indessen hat derselbe nicht nur in den Orchestern verschiedener Hauptstädte etwas abweichende Tonhöhe, sondern man findet auch die Stimmgabeln der Theater und Conservatorien desselben Ortes nicht durchaus übereinstimmend. In Petersburg fand ihn Chladni zu 453 bis 460 Schwingungen, während Scheibler den Normalton der großen Oper zu Paris zu 430, den der italienischen Oper zu 440, Fischer den der opéra comique zu 428 Schwingungen fand. An den verschiedenen Theatern in Wien liegt der Normalton a_1 zwischen 434 und 445 Schwingungen, in Berlin fand man ihn im Jahre 1833 zu 442, in Dresden im Jahre 1852 zu 439 Schwingungen. Eine Sängerin, welche an der Petersburger Oper eben noch das dreigestrichene c_3 erreicht, würde an der italienischen Oper zu Paris beinahe einen halben Ton, an der opéra comique sogar noch mehr als eine halbe Stufe höher singen. Ohne Zweifel ist die Verschiedenheit der Stimmung bei den im Privatgebrauch befindlichen Instrumenten noch größer. Für wissenschaftliche Betrachtungen aber ist eine solche Mannichfaltigkeit mißlich. Auf den Antrag Scheibler's, welcher in den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts die Tonmessung und Instrumentenstimmung auf einen hohen Grad der Feinheit ausbildete, beschloß im Jahre 1834 die Naturforscherversammlung zu Stuttgart, dem Ton a_1 für die Akustik die unveränderliche Höhe von 440 Schwingungen beizulegen. Wir werden in den nachfolgenden Betrachtungen alle Zahlenangaben auf den so festgestellten Normalton beziehen.

Die Musik bedient sich zur Tonbildung zwar ausschließlich der Schwingungen elastischer Körper, sei es, daß die Elasticität denselben vermöge eigner Steifigkeit innewohnt, wie den Glocken, den Metallblättern der Zungenpfeifen, den Rohrblättern am Mundstück der Clarinette, der Oboe, des Fagotts und den Resonanzböden der Saiteninstrumente, oder daß sie ihnen durch Spannung ertheilt ist,

wie den Saiten und dem Felle der Trommel und der Pauke, oder daß sie unter äußerem Druck elastisch sind, wie die in den Blasinstrumenten tönende Luft durch die Pressung der auf ihr lastenden Atmosphäre. Die Entstehung des Tones in der Sirene aber ist anderer Art; es sind einzelne plötzliche Stöße, unterbrochen durch längere Pausen, welche, auf eine ruhende Luftmasse ausgeübt, den Ton erzeugen. Ein ruhiger Wasserspiegel, das einemal durch vorüberziehende Wellen sanft gehoben und gesenkt, das anderemal durch kräftige Ruderschläge, welche in gleich abgemessenen Zeiten einander folgen, in Bewegung gesetzt, vermögen uns ein Bild zu geben von der Bewegung der Luft, wenn das einemal der Klang einer Saite, das anderemal der Ton der Sirene von ihr aufgenommen und fortgetragen wird. Nicht die eigenthümliche Natur elastischer Schwingungen also, sondern nur die Wiederkehr gleichartiger durch die Luft vermittelter Eindrücke auf unser Gehörorgan, in gleichen Zeitabschnitten einander folgend, wird zur Tonbildung erfordert.

Daß durch rasch wiederkehrende plötzliche Stöße selbst sehr wohlklingende Töne zu Stande kommen können, beweist das in folgendem Bilde dargestellte, nach seinem Erfinder Trevelyan benannte Instrument, dessen Wirkung man indessen auch mit ganz nahe liegenden Mitteln ohne künstlichen Apparat nachahmen kann. Trevelyan entdeckte die eigenthümliche Tonbildung am Kamin, wo er das heiße Schüreisen auf einen zufällig vorhandenen Bleiblock warf.

Fig. 3.

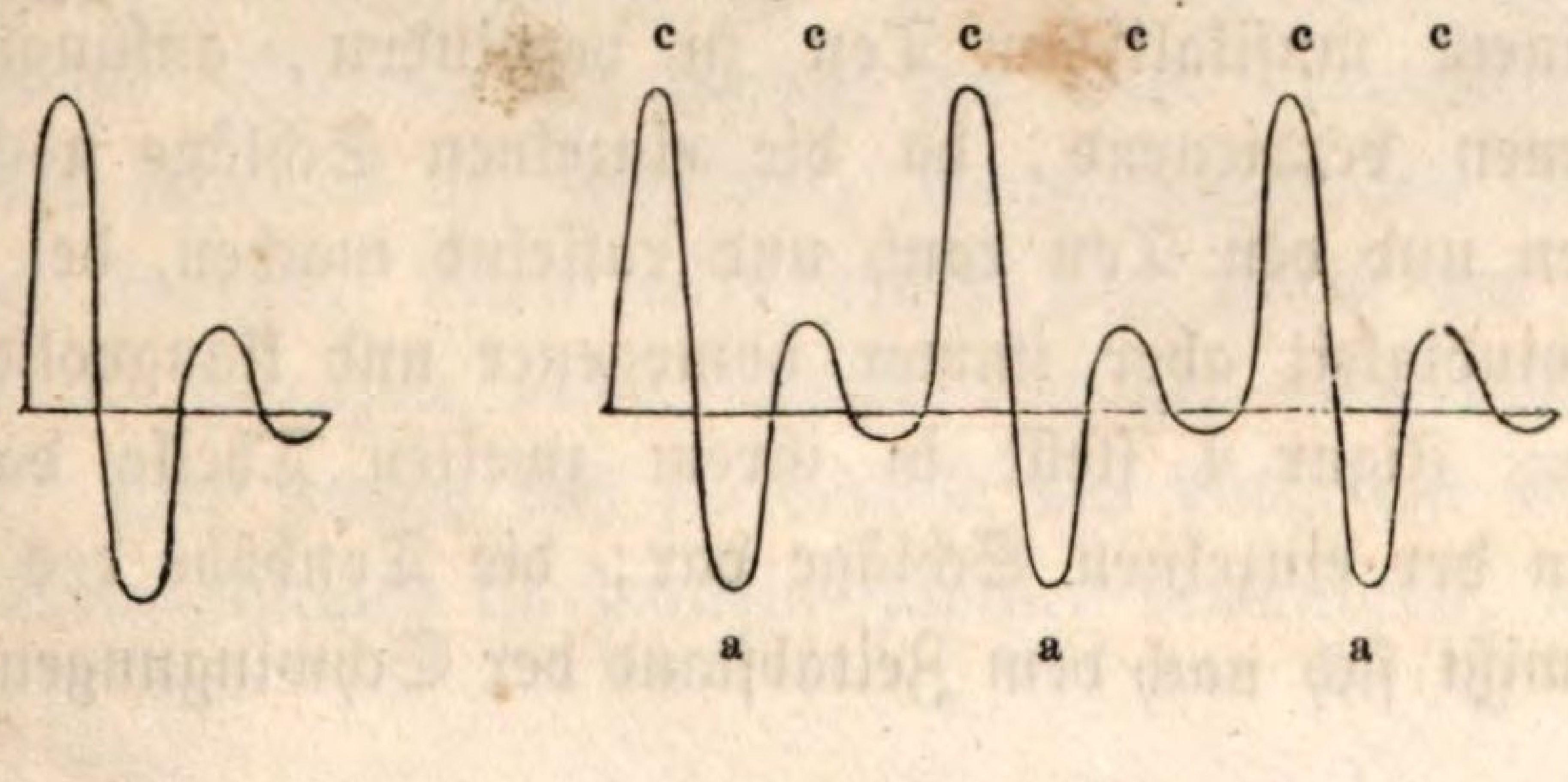


Auf die Kante eines dreiseitigen Stückes Blei ist der in der Figur dargestellte Wackler, nachdem er zuvor auf etwa 200° erhitzt

wurde, mit seinem einen Ende aufgelegt, während das andere, in einen dünnen Stiel ausgehende Ende auf der Tischplatte ruht. Versetzt man ihn durch leichten Anstoß in eine wankende Bewegung um die beiden Kanten der schmalen auf dem Blei aufliegenden Fläche, so wird diese Bewegung von der Wärme selbst unterhalten und beschleunigt, welche jedesmal von der berührenden Kante in das Blei überströmt und eine kleine Erhöhung erzeugt, von welcher der Wackler gleichsam herabsinkt. Indem ihm so die verloren gehende Bewegung wieder ersetzt wird, erzeugt die continuirliche Reihe rasch aufeinander folgender Stöße einen wohlklingenden Ton. Nimmt die Geschwindigkeit des Wackelns ab, so wird der Ton tiefer und löst sich endlich in rauhes Rasseln auf; man hört die einzelnen trocknen Schläge des Wacklers gegen die Unterlage, welche vorher in einen zusammenhängenden Ton verwebt waren.

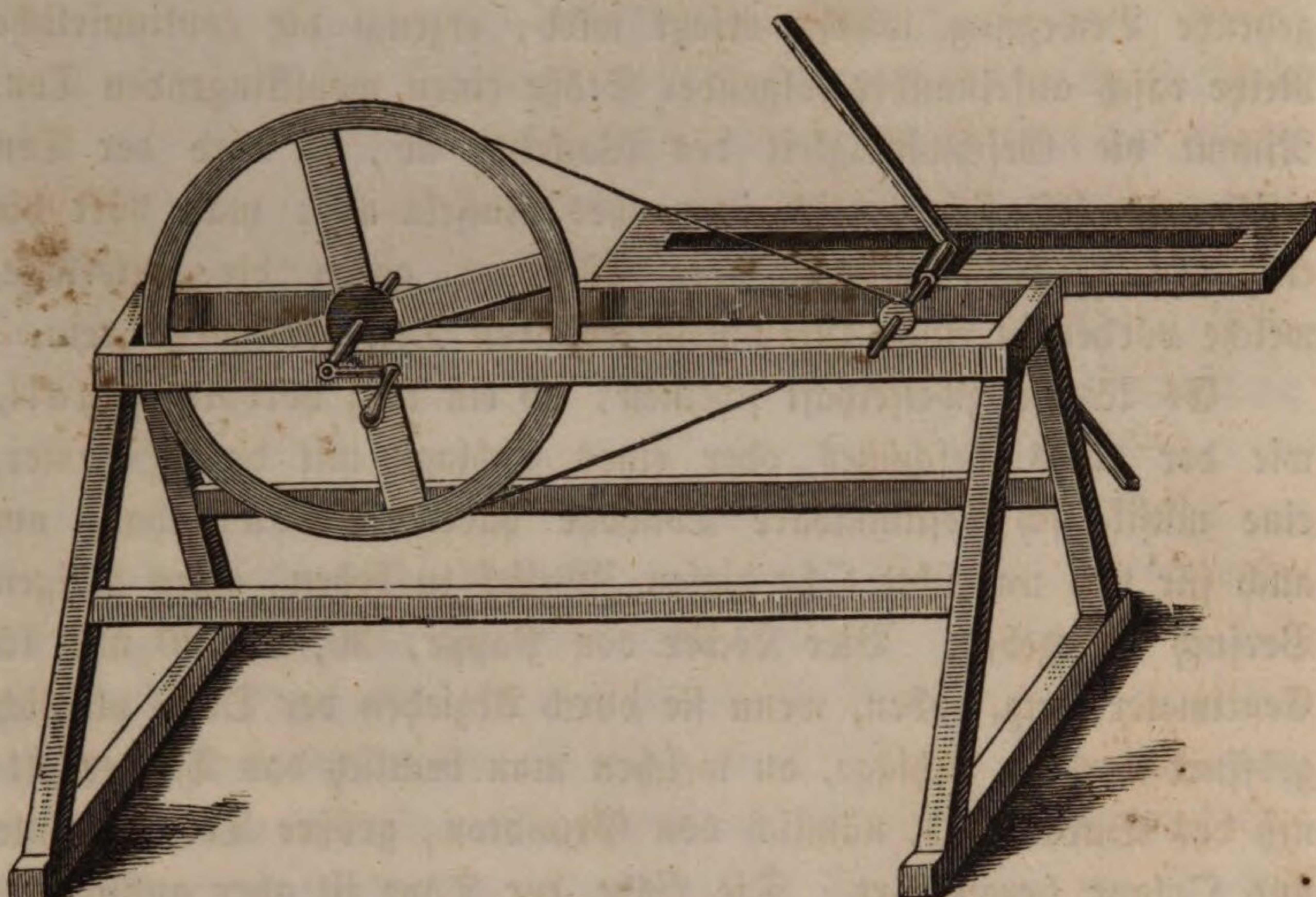
Es könnte zweifelhaft scheinen, ob ein kurz hörbarer Knall, wie der eines Geschützes oder eines Schlags mit dem Hammer, eine musikalisch bestimmbare Tonhöhe habe. Savart hat, um auch für das ungeübte Ohr diesen Zweifel zu heben, einen artigen Versuch angegeben. Vier Köcher von Pappe, 30, 24, 20 und 15 Centimeter lang, geben, wenn sie durch Abziehen der Deckel plötzlich geöffnet werden, Schläge, an welchen man deutlich das Tonverhältniß des Duraccords, nämlich von Grundton, großer Terz, Quinte und Octave heraushört. Die Höhe der Töne ist aber ausschließlich durch die Schnelligkeit bedingt, mit welcher die elementaren Eindrücke oder die einzelnen Schwingungen einander folgen und es muß daher ein Knall in der That auch durch eine Reihe solcher Schwingungen, nur von sehr rasch abnehmender Stärke gebildet sein, wie der erste Theil der folgenden Figur dieß versinnlicht.

Fig. 4.



Es gibt kein besseres Mittel, dem Ohr das allmälige Verweben vorher getrennter Schläge oder Knalle zu einem zusammenhängenden Ton wahrnehmbar zu machen, als der folgende, an dem Gestell der Sirene angebrachte Apparat. Ein an der Wirtelaxe befestigter Stab schlägt bei jeder Umdrehung derselben zweimal durch die in einem Brete ausgeschnittene Spalte, welche er genau ausfüllt.

Fig. 5.



Jeden Durchgang begleitet ein Knall der erschütterten Luft. Dreht man rascher, so tritt ein Zeitpunkt ein, bei welchem die Empfindung des vorhergehenden Schlags in unserm Gehörorgan noch nicht erstorben ist, wann bereits der folgende sich geltend macht. Von diesem Augenblicke, welcher um so eher eintritt, je kräftiger die einzelnen Schläge an sich sind, beginnen die Eindrücke sich zu einem musikalischen Ton zu verbinden, anfänglich kaum diesen Namen verdienend, da die einzelnen Schläge noch deutlich durchklingen und den Ton rauh und rasselnd machen, bei gesteigerter Geschwindigkeit aber immer homogener und klangvoller zusammengehend. Figur 4 stellt in ihrem zweiten Theile das Aneinanderreihen der einzelnen Schläge dar; die Tonhöhe des einzelnen Knalls bemißt sich nach dem Zeitabstand der Schwingungen c, c, c..,

die Höhe des aus den Schlägen zusammengewebten Tones nach dem Zeitabstand a, a, a . . dieser letzteren.

Savart vermochte mittelst eines 6 Fuß langen Stabes schon 8 Schläge in der Secunde als zusammenhängenden Ton zu vernehmen; durch den achten Theil einer Secunde bewahrte demnach das Gehörorgan den Eindruck eines Knalles in genügender Stärke, um ihn mit dem folgenden zu einem zusammenhängenden Faden verspinnen zu können. Ungeübten dürfte dies erst bei 16 bis 20 Schlägen in der Secunde gelingen. Die objective Ursache des Tones liegt zwar in dem Bewegungszustand der Materie außer uns, die Empfindung des Klanges aber kann erst im Gehörorgane selbst entstehen und darum hat die Bestimmung der Tongrenzen, der unteren sowohl, wie der oberen, nothwendig etwas Subjectives. Indem Savart ein eisernes Rad mit 600 gleichen Zähnen an der Sirene 40 Umläufe in der Secunde machen und die Zähne gegen ein elastisches Blättchen stoßen ließ, so daß dieß 24000 mal in einer Secunde erzitterte, glaubte er bei dieser Grenze das völlige Verschwinden des Schalles zu erkennen; Despretz aber erhielt durch Verkürzung kleiner Stimmgabeln noch musikalisch bestimmbare Töne bis zu 32770 Schwingungen, 4 Octaven höher als das höchste c_4 unserer Pianoforte's, und selbst bis zu 36500 Schwingungen, also noch eine Stufe höher, glaubte er einen Ton zu vernehmen.

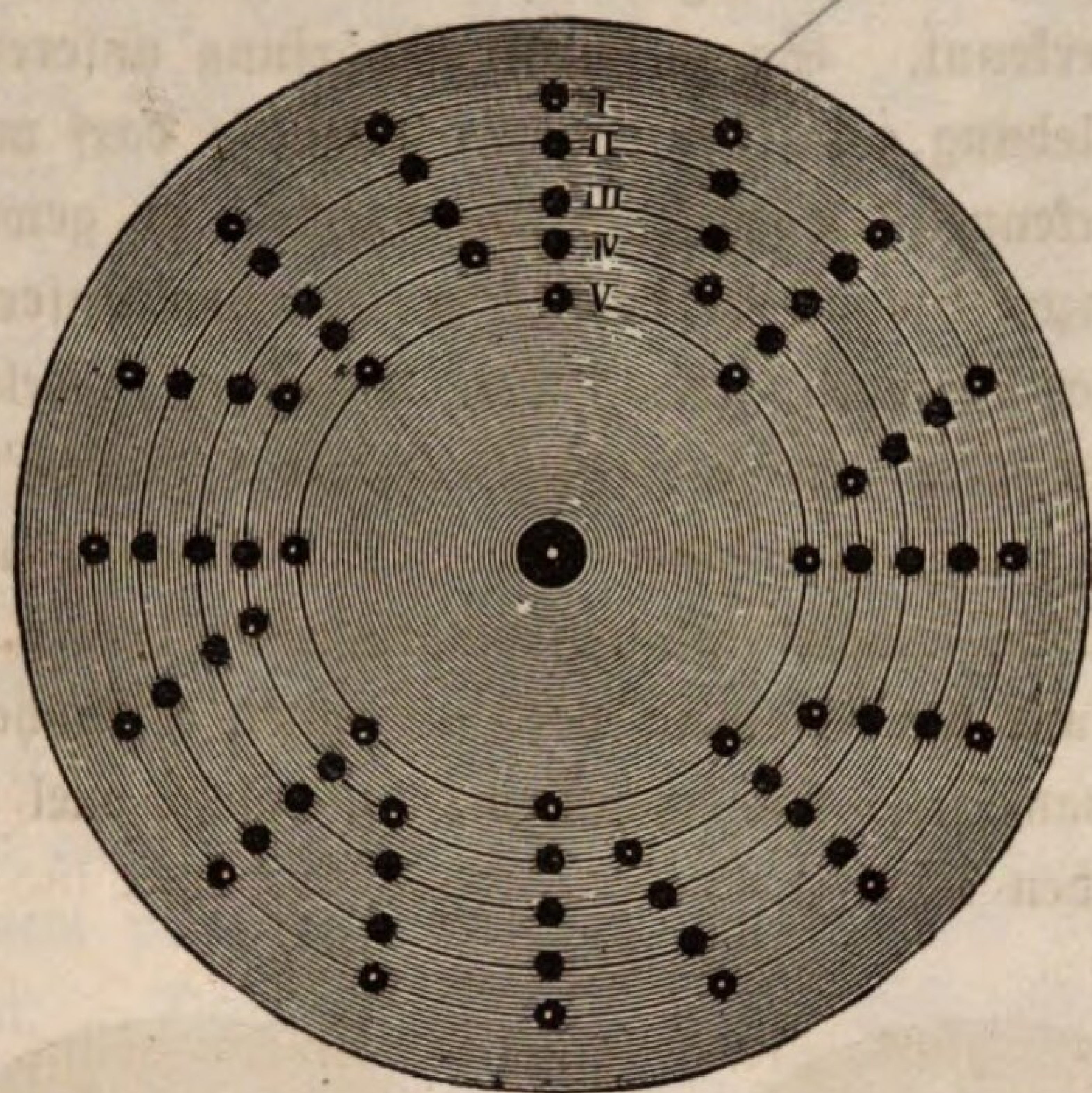
Die Thatsache, daß dem Hörnerv Grenzen gezogen sind in seiner Fähigkeit, die Wellenschläge der Luft als Ton zu empfinden, findet eine schöne Analogie in dem Gesichtssinne. Es gehört zu den Errungenschaften des 19. Jahrhunderts auf dem Felde naturwissenschaftlicher Forschung die wohlbegründete Ueberzeugung, daß die Erscheinungen der Wärme und des Lichtes, ähnlich denjenigen des Schalles, durch Schwingungs- und Wellenbewegung hervorgerufen werden. Die von der Sonne zur Erde strömenden Wärmefluthen, das Leuchten der Gestirne, die Helligkeit des Tages, der Glanz der Farben, Alles wird durch jene Form der Bewegung vermittelt und getragen, welche mithin eine der verbreitetsten in der Natur ist. Wer jemals das Farbenbild des durch ein Glasprisma zerlegten Sonnenlichtes im dunkeln Zimmer bewunderte, wird darin

alle Farben des Regenbogens, nur in weit größerer Reinheit wiedergefunden haben, Roth an der einen Grenze, Violett an der anderen. Man weiß, daß im äußersten rothen Strahl 435 Billionen Schwingungen in Einer Secunde den Sehnerv treffen, im äußersten violetten Strahl 821 Billionen. Aber es ist kein Zweifel, daß noch außerhalb jener Grenzen langsamere Schwingungen einerseits und raschere Schwingungen andererseits vorhanden sind; die ersteren verrathen sich durch eine höhere Temperatur, sie machen ein Thermometer steigen, die letzteren äußern chemische Wirkungen, sie vermögen Chlorsilber zu schwärzen, ja selbst die Lebensfunctionen der Pflanzen zu fördern, aber der Sehnerv empfindet sie nicht mehr. Doch ist es neuerdings einem englischen Physiker gelungen, das sichtbare Farbenbild jenseits des Violett auf seine sechsfache Länge auszudehnen, indem er Substanzen fand, welche das rasche Tempo der Schwingungen mäßigen und sie somit ins Bereich des Sehnervs ziehen.

Denken wir uns einen Körper in einem völlig verfinsterten Zimmer, bei lautloser Ruhe uns gegenüber gestellt und in anfangs langsame, dann immer raschere Schwingungen versetzt, so erhalten wir die erste Kunde von seinem Dasein durch das Ohr; sobald die Anzahl der Schwingungen etwa zehn in der Secunde übersteigt. Der Ton durchläuft die ganze Skale des Hörbaren, bis er endlich zwischen 30000 und 40000 Schwingungen wieder verschwindet. Wenn die Schnelligkeit des Erzitterns fort und fort zunimmt, so werden auch immer häufiger Wellenschläge nach allen Seiten hin sich verbreiten, allein wir sind mit keinem Organe begabt, welches sie zu empfinden vermöchte. Erst dann, wenn der Körper viele Billionen Schwingungen in der Secunde vollendet, fühlen wir, daß Wärme von ihm ausstrahlt und bei 400 Billionen beginnt er mit rothem Lichte zu leuchten. Wenn die Schwingungsmenge von 400 Billionen bis über 800 Billionen in der Secunde wächst, durchläuft der Körper alle Farben des Regenbogens von Roth, durch Orange, Gelb und Grün bis zu Blau und Violett; jenseits dieser Grenze verrathen die Wirkungen auf Daguerre'sche oder Talbot'sche Platten das Dasein einer Bewegung.

Die Löcherscheiben oder Zahnräder der Sirene bieten ein Mittel, zu untersuchen, ob die einzelnen Eindrücke in der That in streng gleichen Zeitabschnitten einander folgen müssen, wenn ein

Fig. 6.

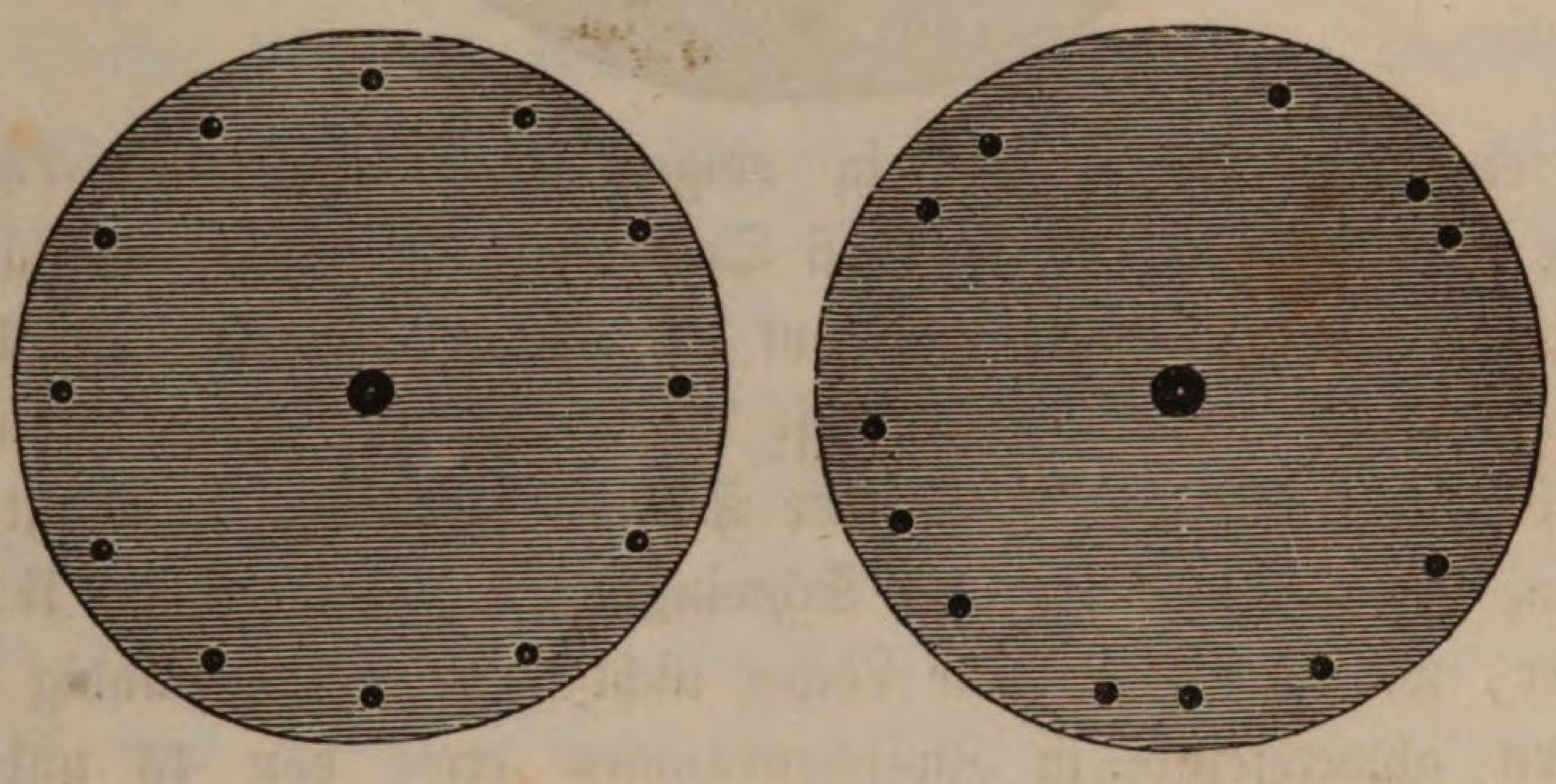


Ton entstehen soll. Die in obiger Figur dargestellte Löcherscheibe enthält in der Reihe I 16 Oeffnungen in gleichen Abständen von je 45 Theilen, wenn man auf den ganzen Umkreis 720 gleiche Theile rechnet. Bläst man diese Löcherreihe an, indem man der Scheibe 55 Umdrehungen in der Secunde ertheilt, so klingt der Ton a_2 von 55 . 16 = 880 Schwingungen. Die Reihe II, in welcher, wie man sieht, die Löcher nicht mehr gleichabständig sind, sondern abwechselnd in Zwischenräumen etwa von 43 und 47 Theilen einander folgen, läßt zwar auch noch den Ton a_2 hören, zugleich aber klingt die tiefere Octave desselben mit, so als wenn sich im Gehör die durch die gleichabständigen Oeffnungen 1, 3, 5 .. sowie die durch die Oeffnungen 2, 4, 6 .. dringenden Luftstöße unter sich combinirten. Wird die Abweichung von dem Isochronismus noch größer, indem die Intervalle 40 und 50 abwechseln, wie in der Reihe III, so hört man fast nur noch die tiefere Octave, der Ton a_2 tritt ganz zurück, bis endlich, wenn das kleinere Intervall ganz auf Null zusammengeschwunden, nur die halbe Anzahl der Oeffnungen übrig bleibt, wie in der Reihe V, und dann natürlich nur die tiefere Octave allein klingt. — Offenbar lehren

diese Versuche, daß ein unbedingter Isochronismus der elementaren Eindrücke zur Tonbildung nicht erforderlich ist. Sehr kleine Unterschiede vermag das Gehör hierin so wenig wahrzunehmen, als es sehr geringe Veränderungen der Schwingungszahl sogleich aus der Tonhöhe erkennt. So groß die Schärfung unserer Sinne ist, welche durch Uebung erworben werden kann, so darf man andererseits nicht verkennen, daß jeder Kunstgenuß in gewissem Grade durch die Grenzen bedingt ist, welche der Feinheit unserer sinnlichen Wahrnehmungen gezogen sind. Wie das Auge, welches entzückt über die Linien und den Farbenschmelz eines Rafael'schen Bildes schweift, vor der mikroskopischen Betrachtung desselben zurückschrecken würde, so müßte einem mit mathematischer Strenge urtheilenden Ohre jede Musik den Eindruck der widrigsten Kakophonie machen.

Wählt man zwei Löcherscheiben, mit gleich viel Oeffnungen, wie die folgenden:

Fig. 7.



deren eine sie in isochroner, die andere aber in völlig unregelmäßiger Folge enthält, so giebt die erste einen musikalischen Klang, die andere aber nur ein rasselndes Geräusch, aus Tönen verschiedener Höhe gebildet.

Die Stärke des Tones der Sirene hängt nur von der Kraft des Luftstromes ab, und die Tonhöhe kann durch letztere nicht geändert werden, sie ist nur durch die Anzahl der Oeffnungen und die Drehungsgeschwindigkeit der Scheibe bedingt. Daß bei den musikalischen Instrumenten, in welchen die Töne ausschließlich durch die Schwingungen elastischer Körper hervorgerufen werden, das Anwachsen oder Abnehmen der Schwingungsweite zwar ein An-

schwellen oder Abnehmen der Tonstärke, aber keineswegs eine Aenderung der Schwingungszahl, also der Tonhöhe, erzeugt, liegt in der besonderen Natur der elastischen Kraft begründet. Was der Sänger nur durch Uebung erreicht, indem er die Muskeln des Kehlkopfs dem Zügel des feinen musikalischen Gehörs unterwirft, das leisten die tönenden Körper der musikalischen Instrumente vermöge ihrer innern Natur von selbst und es verdient diese merkwürdige Thatsache, auf einen Augenblick unsere Aufmerksamkeit zu fesseln.

Die Eigenschaft, nach Aenderung des Raumgehaltes oder der Form durch eine äußere Kraft, in den früheren Zustand zurückzukehren, wenn jene Kraft zu wirken aufhört, spricht sich nicht an jedem Körper so deutlich aus, wie an einem Kautschoukstreifen, welchen man ausgezogen, an einer Stahlfeder, welche man gebogen, oder an einem prall gefüllten Luftkissen, welches man zusammengedrückt hat. Dennoch ist diese Eigenschaft allen Körpern in größerem oder geringerem Grade eigen. Nicht nur die Luft, auch das Wasser dehnt sich wieder aus, wenn der Druck entfernt wird, welcher seinen Raumgehalt verminderte. Streifen oder Fäden von Metall, Stäbe von Holz oder Glas, am oberen Ende befestigt, am unteren belastet, dehnen sich und gehen wieder zur anfänglichen Länge zurück, wenn man die Belastung wegnimmt. Bei jedem dieser Körper aber giebt es eine Grenze, welche diese Belastung und die von ihr abhängige Dehnung nicht überschreiten darf, ohne daß das innere Gefüge und damit auch die äußere Gestalt und Größe dauernd verändert wird. Eine ausgezeichnet weite Elasticitätsgrenze haben die Darmsaiten, wie sie an den Streichinstrumenten verwendet werden. Während Metallfäden meist schon reißen, ehe sie sich um $1/2$ Procent ihrer Länge gedehnt haben, vertragen jene eine Dehnung bis zu 5, ja bis zu 12 Procent, und nehmen dann, wenn die Spannung wegfällt, ihre anfängliche Länge wieder an. Freilich werden diese Saiten auch mit besonderer Sorgfalt zubereitet. Nur für die höheren Töne der Harfe dienen einfache Darmsaiten; in dem a_1 der Violine sind 4, in dem d_1 sind 9, in dem d des Violoncelle's bis zu 24, in dem G des Contrebasses 48,

in dem D dieses Instrumentes bis zu 120 einfache Saiten zusammengedreht.

Einen Stab, eine Platte, die Wand einer Glocke, kann man nicht biegen, ohne daß einzelne Theile der Substanz zusammengepreßt, andere gedehnt werden. Darum kehren diese Körper alsbald in ihre anfängliche Lage und Form zurück, wenn die biegende Kraft nicht mehr wirkt. Aber die Bewegung, welche die Masse auf diese Weise annimmt, treibt sie über die Lage des Gleichgewichts hinaus, bis sie sich durch die Gegenwirkung der elastischen Kraft erschöpft hat; die Schwingungen, welche auf diese Art eingeleitet sind und deren lebendige Kraft sich nur allmälig auf die umgebende Luft und auf die Widerlagen an den Befestigungspunkten des schwingenden Körpers überträgt, sind die Ursache des Tones.

Die elastische Reaction auch der steifsten Körper kann bis zum Unmerklichen vermindert werden, wenn es gelingt, sie in äußerst dünne Flächen oder Fäden auszudehnen. Am feinen Goldblatt scheint jede Elasticität verschwunden, so gut wie an der Holzfaser in den baumwollenen, hänfenen und leinenen Fäden, an der Seide und an dünnen thierischen Häuten; auch feine Metallfäden erweisen sich biegsam und geschmeidig. Alle diese Körper werden erst durch äußere Spannung zu Tonschwingungen geeignet, ihre innere Natur kommt nur insofern in Frage, als davon ihr Gewicht und der Grad der Spannung abhängt, welchen sie noch zu ertragen vermögen. Aber einmal dieser Spannung unterworfen, ist ihr Verhalten, die Art, wie sie um die Gleichgewichtslage schwingen, wenn sie daraus entfernt wurden, in Nichts verschieden von der Bewegung solcher Körper, bei welchen die innere Anordnung der Moleküle der Einwirkung äußerer Kräfte sich entgegenstemmt.

Was auch die Ursache der elastischen Rückwirkung sei, die Gesetze der Bewegung sind die nämlichen, welche Galilei an der schwingenden Lampe des Domes zu Pisa wahrnahm und welche wir an jedem Secundenpendel einer Wanduhr beobachten können. Für das Wesen des Schalles aber ist von diesen Gesetzen das bedeutungsvollste, daß größere und kleinere Schwingungen in gleichen Zeiten vollendet werden. Sei es, daß man elastische Stäbe dehnt oder biegt, daß man Luft zusammenpreßt,

oder Saiten anzieht, immer findet man, daß die Größe der Veränderung in der Form, in dem Raumgehalt oder der Lage der Körper in gleichem Verhältnisse mit der angewendeten Kraft wächst. Wenn 1 Pfund, in der Mitte einer Contrebaßsaite angehängt, diese um 1 Linie aus ihrer Ruhelage entfernt, so bringen 2 Pfund eine Ausbiegung von 2 Linien hervor. Wenn 10 Pfund eine senkrecht aufgehangene Claviersaite um $\frac{1}{1000}$ ihrer Länge dehnen, so bringen 100 Pfund eine Dehnung von $\frac{10}{1000}$ hervor. Gerade in diesem Umstande, welcher sich innerhalb der Grenzen bewährt, innerhalb welcher die Kräfte keine dauernden Veränderungen im Gefüge der elastischen Körper erzeugen, ist der Isochronismus größerer und kleinerer Schwingungen begründet. Denn in gleichem Verhältnisse mit der Größe des Weges wächst auch die Energie der elastischen Reaction, welche die Masse forttreibt.

2. Die Violine.

(Fortsetzung.)

Es ist für die Instrumentalmusik von keiner geringen Bedeutung, daß die Bedingungen der Tonstärke von denjenigen der Tonhöhe geschieden sind durch die Natur der elastischen Kraft, welche großen und kleinen Schwingungen gleiche Dauer sichert. Jedes crescendo oder decrescendo würde sonst von einer Aenderung der Tonhöhe begleitet sein, welche ja mit der Schwingungsdauer auf das Engste verknüpft ist. Je größer die Ausbiegungen der Saite beim Tönen sind, mit je größerer Geschwindigkeit sie demnach durch die Ruhelage eilt, um weitere Schwingungen in gleicher Zeit zu vollenden, mit um so größerer Heftigkeit stößt sie die Luft vor sich her und verdichtet sie, oder läßt sie, zurückweichend, in verdünntem Zustand zurück, — desto stärker ertönt sie. Während der Künstler den Violinbogen von leiser Berührung bis zum kräftigen Striche aufsetzt, schwillt der Ton vom zärtesten Hauche bis zu imponirender Stärke an, aber die Tonhöhe steht unveränderlich fest. Aeußere Hindernisse, wie der Widerstand der Luft, oder die Reibung an den Befestigungspunkten, vermögen die Bewegung des tönenden Körpers mehr oder weniger rasch zu verzehren, aber an der Tonhöhe ändern sie nichts, so wenig, wie der über die Saite streichende Bogen. Das Haarband desselben wird von dem Künstler mit Harz bestrichen, damit es besser an der Saite hafte und sie so weit aus der Gleichgewichtslage ziehe, bis die elastische Rückwirkung endlich überwiegt und sie losreißt. Die heftigen Schwing=

ungen lassen zunächst kein neues Anhaften zu; erst wenn sich ihre Stärke gemäßigt hat, wirkt der Bogen aufs Neue und dieß Spiel wiederholt sich, ähnlich dem Angriff einer feinen Feile, in kurzer Zeit so oft, daß die kleinen Ungleichheiten der Tonstärke unserer Wahrnehmung gänzlich entgehen. Die zarten Uebergänge, in welchen eine gute Bogenführung den Ton durch alle Stufen der Stärke hindurch zu leiten vermag, der stetige Zufluß neu erregender Kraft, welcher der Saite durch den Bogen geboten wird, sind es, welche den Streichinstrumenten einen so entschiedenen Vorrang in Ausdruck und Tonfülle vor den Saiteninstrumenten des Alterthums verliehen haben. Es ist unbestreitbar, daß mit Vervollkommnung der Bogeninstrumente zu Anfang des 17. Jahrhunderts eine neue Aera der Instrumentalmusik begonnen hat, welche selbst nicht ohne mannichfaltige Rückwirkung auf die Entwicklung der Musik selbst geblieben ist.

Die Töne der Lyra, der Cither, der Harfe, der Laute oder Guitarre verhallen rasch nach dem Anschlag der Saiten, da sich die bewegende Kraft bald vollständig auf die umgebende Luft übertragen hat. Die Luftwellen, in deren Erregung die Saite ihre Kraft erschöpft, sind die Boten, welche dem Gehöre den Ton bringen und er würde nimmermehr dahin gelangen, wenn nicht zwischen dem schwingenden Körper und dem empfindenden Nerv eine ununterbrochene Kette materieller Theile sich befände. Der Ton einer Schelle, welche ein Uhrwerk unter der Glocke der Luftpumpe in fortdauernder Bewegung erhält, wird immer schwächer gehört, je weiter man die Luft verdünnt; er würde ganz ersterben, wenn nicht ein kleiner Rest an den Fäden, an welchen die Schelle hängt, auf die Umgebung sich übertrüge. Läßt man wieder die atmosphärische Luft oder ein anderes Gas unter die Glocke der Luftpumpe treten, so schwillt der Ton von Neuem zur früheren Stärke an; er wird noch lauter, wenn man die Luft verdichtet. Offenbar hängt die Stärke des Tones, außer von der Schwingungsweite des tongebenden Körpers auch von der Massenhaftigkeit des umgebenden Mittels ab, welchem diese Schwingungen eingeprägt werden. Darum geht der Schall in den festen Massen des Bodens noch auf größere Entfernungen fort, als selbst durch die Luft. Man legt

das Ohr gegen den Boden, um entferntes Geschützfeuer oder den Trab einer Reiterkolonne zu vernehmen; mancher unterirdische Spuck hat sich schon akustisch gelöst, da man nur die Hammerschläge aus weit entfernten Bergwerken, oder Bohrbrunnen vernommen hatte. Aber die merkwürdigsten Beobachtungen knüpfen sich an das unterirdische Getöse entfernter Erdbeben und vulkanischer Ausbrüche. Die knallenden Schläge bei dem Ausbruch des Cosiguina im Jahre 1834 wurden noch in Santa-Fé, in 230 Meilen Entfernung, wie der Donner eines nahen Gewitters gehört; nur daß sie unmittelbar aus der Erde heraufzudröhnen schienen. Es war dieß nicht anders, als wenn der Ausbruch eines Vulkans im Herzen von Deutschland gleichzeitig in Madrid und in Moskau vernommen worden wäre.

Vitruv hat in seiner Architectur die Ausbreitung des Schalles in der Luft recht anschaulich mit den folgenden Worten erläutert: „Der Ton ist ein fliegender Hauch, welcher die Luft erschüttert und sich dadurch unserm Ohre kund gibt. Dabei bewegt sich die Luft in zahlreichen concentrischen Kreisen, gleich den Wellen des Wassers, in welches ein Stein geworfen wird. Diese schreiten ja auch in unzähligen Kreisen von ihrem Mittelpunkt nach auswärts, bis sie von einer Begrenzung des Raumes oder sonst einem Hinderniß aufgehalten werden. Ganz ebenso schreitet auch der Schall in Kreisen durch die Luft fort. Allein im Wasser gehen diese Kreise nur in der Breite und in wagerechter Richtung fort, während der Schall in der Luft auch in der Höhe und Tiefe allmälig immer weiter schreitet.“ *)

*) Es ist nicht ohne Interesse, diese eben so anspruchslose als richtige Beschreibung des römischen Baumeisters mit der Definition des Schalles zu vergleichen, wie sie der berühmteste Philosoph des 19. Jahrhunderts giebt: „Wird ein cohärenter Körper von einem anderen geschlagen, gestoßen, gedrückt, so wird seine Materialität als raumeinnehmend und somit seine Oertlichkeit negirt. So ist die Negation des materiellen Auseinander vorhanden, aber ebenso die Negation dieser Negation, das Wiederherstellen der Materialität. — — Das Negiren des Auseinanderbestehens der materiellen Theile wird ebenso negirt, als das Wiederherstellen ihres Auseinanderseins und ihrer Cohäsion. Diese Eine Idealität als Wechsel der einander aufhebenden Be-

Wie mit den Wellen eines Wasserspiegels nicht das Wasser selbst weiter fließt, sondern nur ein Bewegungszustand der Theilchen sich fortpflanzt, so ist es auch in den Schallwellen, mögen sie nun in der Luft, im Wasser, oder im Erdboden sich verbreiten. Wie ein Stoß durch eine Reihe elastischer Kugeln, so eilt die Schallwelle von Schichte zu Schichte, eine nach der andern erschütternd und sie dann in lautloser Ruhe zurücklassend.

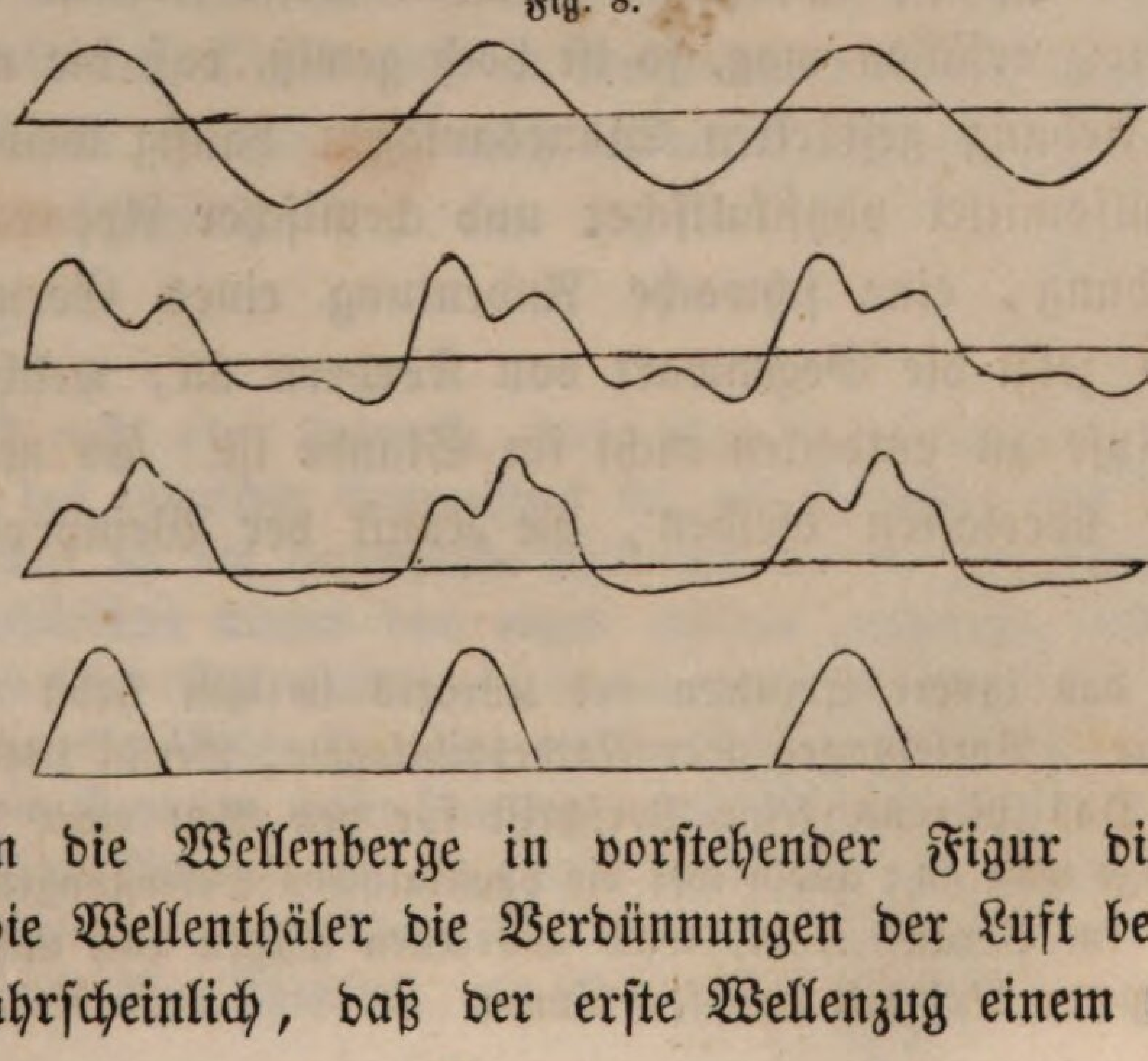
Alle Violinen werden für einerlei Tonhöhe gebaut und erhalten die nämliche Stimmung; hiermit ist zugleich, wie eine genauere Analyse ihres Baues zeigen wird, die vortheilhafteste Größe des Ganzen, wie der Theile bestimmt. Die Tonfülle wächst zwar mit der Ausdehnung der schwingenden Massen, doch nicht in gleichem Verhältnisse mit diesen, da ganz allgemein höhere Töne, bei gleicher Schwingungsweite der Tonquelle, in gleichen Zeiten dem Gehörorgane zahlreichere Erschütterungen zuführen, als tiefe. Auch der oberflächlichen Beobachtung kann dieses stärkere Hervortreten höherer Töne nicht entgehen. Was aber einer Violine vor der anderen entschiedenen Vorrang giebt, ist der eigenthümliche Character des Klanges, die von den Musikern sogenannte Klangfarbe oder Qualität des Tones.

Wie sehr auch die wunderbare Steigerung unserer Sinneskräfte durch das Fernrohr oder das Mikroskop, die Blitzesschnelle, womit der Telegraph unseren Willen in weite Fernen kund thut, uns mit Stolz erfüllen mag, so ist doch gewiß, daß die natürlichen und durch Uebung gestärkten Sinnesanlagen häufig weiter reichen, als alle Hülfsmittel physikalischer und chemischer Apparate. Eine leichte Färbung, eine schwache Andeutung eines Geruches oder Geschmackes zeigt die Gegenwart von Körpern an, welche die chemische Analyse zu entdecken nicht im Stande ist. Es mag würdigerer Feder überlassen bleiben, die Kunst der Weinprobirer und

stimmungen, das innere Erzittern des Körpers in ihm selbst — ist der Klang (Hegel, Vorlesungen über Naturphilosophie, Berlin 1842, S. 204 und 205). Daß hieraus keine Vorschrift für den Bau einer Violine zu ziehen ist, ginge noch an; allein wer die physikalischen Bedingungen der Tonbildung nicht im Voraus kennt, wird aus jenen Sätzen auch nicht eine entfernte Ahnung der Wahrheit schöpfen können.

Theeschmecker zu preisen, welche die Heimath, die Lage und den Jahrgang des Gewächses mit der Zunge herauszufühlen wissen. Dagegen schenken wir unsere Aufmerksamkeit der eigenthümlichen Gabe, das Instrument eines Antonio Amati von dem eines Giuseppe Guarneri oder eines Stainer, allein nach dem Tone, zu unterscheiden. Die Frage nach dem Zusammenhang der characteristischen Bauart dieser Instrumente mit ihrer Klangfarbe ist verwandt mit derjenigen, warum ein Ton von gleicher Höhe und Stärke auf der Trompete anders laute, als auf der Violine, auf dem Horn anders, als auf dem Fortepiano. Alles was diese Instrumente in der Masse, woraus sie bestehen, in ihrem Bau und ihrer Schwingungsart Verschiedenes haben, kann auf den Ton nur insofern von Einfluß sein, als der eigenthümliche Wellenschlag der Luft dadurch bedingt ist; denn nur durch ihn kommt uns der Ton zu. Die Zahl der Wellenschläge in der Zeiteinheit bestimmt die Höhe, die Größe der in der Welle erzitternden Masse und ihre Geschwindigkeit die Stärke des Tones, die Klangfarbe kann allein abhängig sein von der Form der Welle, von der Art, wie die Verdichtung abnimmt und in Verdünnung übergeht, ob allmälig, wie in der schönen Welle eines ruhigen Wasserspiegels, oder in jähem Absturz, wie in einer brandenden Woge, ob ebenmäßig, oder in unregelmäßig wechselnder Weise.

Fig. 8.

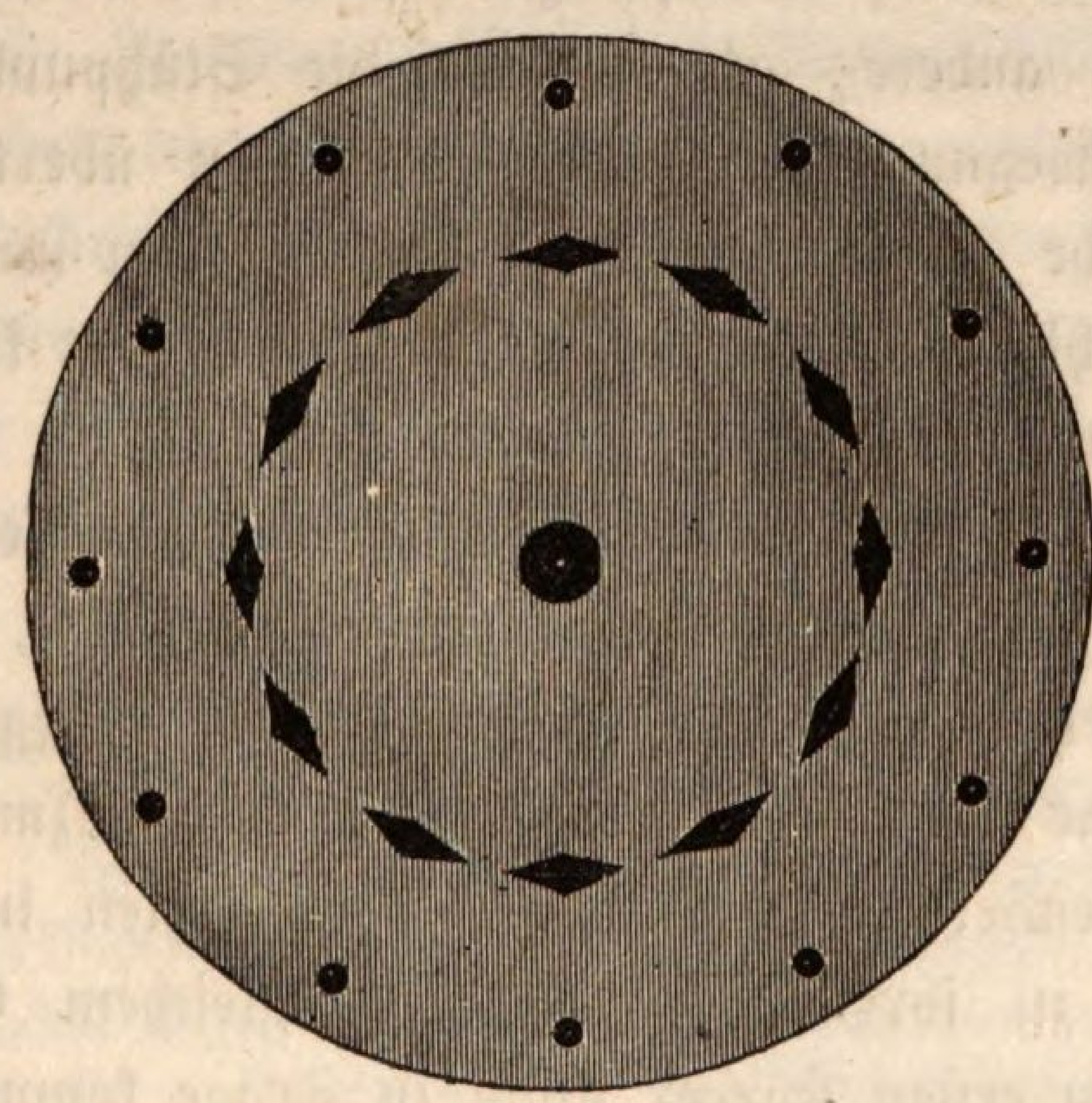


Wenn die Wellenberge in vorstehender Figur die Verdichtungen, die Wellenthäler die Verdünnungen der Luft bedeuten, so ist es wahrscheinlich, daß der erste Wellenzug einem vollkommen

reinen Tone entspricht, wie ihn eine Sonntag zu geben vermochte. Je mehr Unregelmäßigkeiten in den folgenden Wellenzügen hinzutreten, desto unreiner wird der Ton, desto mehr machen sich neben ihm noch solche Geräusche bemerklich, wie das Zischen der Flöte, das Kratzen oder Schnarren der Streichinstrumente, das Schmettern der Trompete oder das Brummen des Fagott's. Je vollendeter der Bau eines Instrumentes durch eine glückliche Uebereinstimmung aller Theile ausgefallen ist und je vollkommener es gespielt wird, desto mehr treten jene characteristischen Klangverschiedenheiten zurück und es ist nicht unmöglich, daß bei sehr kunstvoller Ausführung der Hörer im Zweifel bleibt, ob er den Ton einer Flöte, einer Violine oder der menschlichen Singstimme vernimmt.

Der letzte der oben dargestellten Wellenzüge versinnlicht die Luftstöße, welche den Ton einer Sirene bilden. An diesem Instrument gelingt es, den Einfluß der Wellenform auf die Klangfarbe zu beobachten, da man leicht mannichfache Abänderungen in der Gestalt der Oeffnungen, in dem Verhältniß ihrer Weite zur Größe der Zwischenräume, welche sie trennen, anzubringen vermag.

Fig. 9.



Der gewöhnliche Sirenenton ist schnarrend, um so mehr, durch je größere Zwischenräume die einzelnen Wellenstöße getrennt sind; man kann ihm aber mehr Klang geben, wenn man anstatt der Löcherreihe des äußeren Kreises der vorstehenden Figur, die des

inneren anwendet. Die Wellenstöße rücken dann dichter aneinander und nehmen in allmäligem Flusse zu und ab.

Nur der kleinste Theil des markigen glänzenden Tones der Violine geht von den Saiten unmittelbar aus. Man darf in der That nur einmal eine Violinsaite zwischen zwei wenig elastischen Massen, z. B. zwischen zwei Stücken Blei ausspannen, um die Ueberzeugung zu gewinnen, daß ein solch dünner Faden, welcher der Luft wenig Oberfläche darbietet, nur schwach tönende Wellen in derselben zu erregen vermag. Während diese kaum hörbar sich verbreiten, giebt die Saite den größten Theil ihrer Bewegung durch Stöße gegen ihre Befestigungs- oder Stützpunkte ab und es ist die Aufgabe des Instrumentenbaus, diesen Theil für die Tonerzeugung möglichst nutzbar zu machen. Der Wissenschaft bleibt zwar im Allgemeinen kaum mehr übrig, als zu zeigen, daß die Mittel zur Erreichung jenes Zweckes, welche den gemeinschaftlichen Namen der Resonanz führen, nicht besser gewählt werden konnten, als es durch eine geschickte und beharrliche Empirie geschehen ist; aber im Einzelnen, in der Ausführung nach Zahl und Maß, wird sie den Anspruch nicht aufgeben, selbst dem so vervollkommneten Bau der Streichinstrumente noch Dienste zu leisten. Die Aufgabe der Resonanz ist keine andere, als die auf die Stützpunkte der Saiten übergehende Bewegung auf solche Körper zu übertragen, welche leicht in elastische Schwingungen versetzt werden und zudem durch ihre Form befähigt sind, in der umgebenden Luft kräftige Schallwellen zu erregen.

Derselbe Stoß, welcher eine Stahlfeder, eine Glocke, eine Glas- oder Holzplatte in tönende Schwingungen versetzt, verursacht in einer Bleimasse höchstens eine Quetschung oder Biegung. Elasticität ist darum das erste Erforderniß eines Resonanzmittels. Stahl, Glas und Fichtenholz besitzen diese Eigenschaften im höchsten und im Verhältniß zu ihrem Gewichte fast gleichem Grade. Doch können die beiden ersten Körper kaum in Frage kommen, insbesondere, wenn man bedenkt, daß der Stahl etwa 14mal schwerer ist, als Fichtenholz und daß er, so dünn ausgearbeitet, um nicht durch sein Gewicht beschwerlich zu fallen, nicht den weichen und doch kräftigen Klang des Holzes, sondern einen klirrenden Ton ausgiebt.

Aber selbst das elastischste Fichtenholz würde nur geringe Dienste leisten, wenn man es in plumpen Massen mit der Saite verbinden wollte; offenbar ist die Form dünner Platten die geeignetste, da sich bei ihr geringes Gewicht mit einer großen Wirkungsfläche gegen die Luft vereinigt und in der That findet man die höchst elastischen, leichten und doch festen Platten von geradefaserigem Fichtenholze als Resonanzböden sowohl der Streichinstrumente, als der Pianoforte's, der Harfe, der Cither, der Laute und Guitarre angewendet.

Auch die Luft, welche der Körper der Violine einschließt, geräth in selbständige Schwingungen, welche sich durch die im Resonanzboden angebrachten Oeffnungen der umgebenden Luft mittheilen, auch sie trägt daher zur Verstärkung der Schallwellen bei. Die Luft ist, wenn sie zwischen starre Wände eingeschlossen ist, ein so vortreffliches Resonanzmittel, daß man den Ton von Körpern, welche ihr eine etwas größere Fläche bieten, als die Saiten, wie z. B. von schwingenden Metallzungen, von Platten und Glocken, ohne Dazwischenkunft von Resonanzböden, allein durch Luftresonanz, wesentlich verstärken kann.

Ueber die Bedeutung der einzelnen Theile der Violine und den Zweck ihrer Anordnung hat eine Untersuchung Savart's, welcher wir in den nächsten Betrachtungen vorzugsweise folgen, am meisten Licht verbreitet.*) Maupertuis hatte die Ansicht vertheidigt, daß die Körper der Saiteninstrumente aus solchen Substanzen bestehen müßten, welche man als eine Nebeneinanderlagerung von Fasern verschiedener Länge betrachten könne, damit der

*) Es handelt sich hierbei nicht um das im Jahre 1819 erschienene: Mémoire sur la construction des instrumens à cordes et à archet par Felix Savart. Wir sehen vielmehr von dieser in ihren wissenschaftlichen Gesichtspunkten klassischen Arbeit ab, weil die vom Verfasser darin begründete neue Construction der Bogeninstrumente mit ebenen Deck- und Bodenplatten, in Form eines länglichen Trapezes, und mit symmetrischer Anordnung des Balkens, bei den Musikern keinen Eingang gefunden hat. Savart's Violine hat übrigens nach dem Urtheil Sachverständiger kaum weniger Tonstärke, als die besten italienischen. Nur ist der Klang reiner und sanfter und gerade die Abwesenheit der den eigentlichen Ton mit eigenthümlich einschneidender Schärfe begleitenden Geräusche macht man ihr zum Vorwurfe.

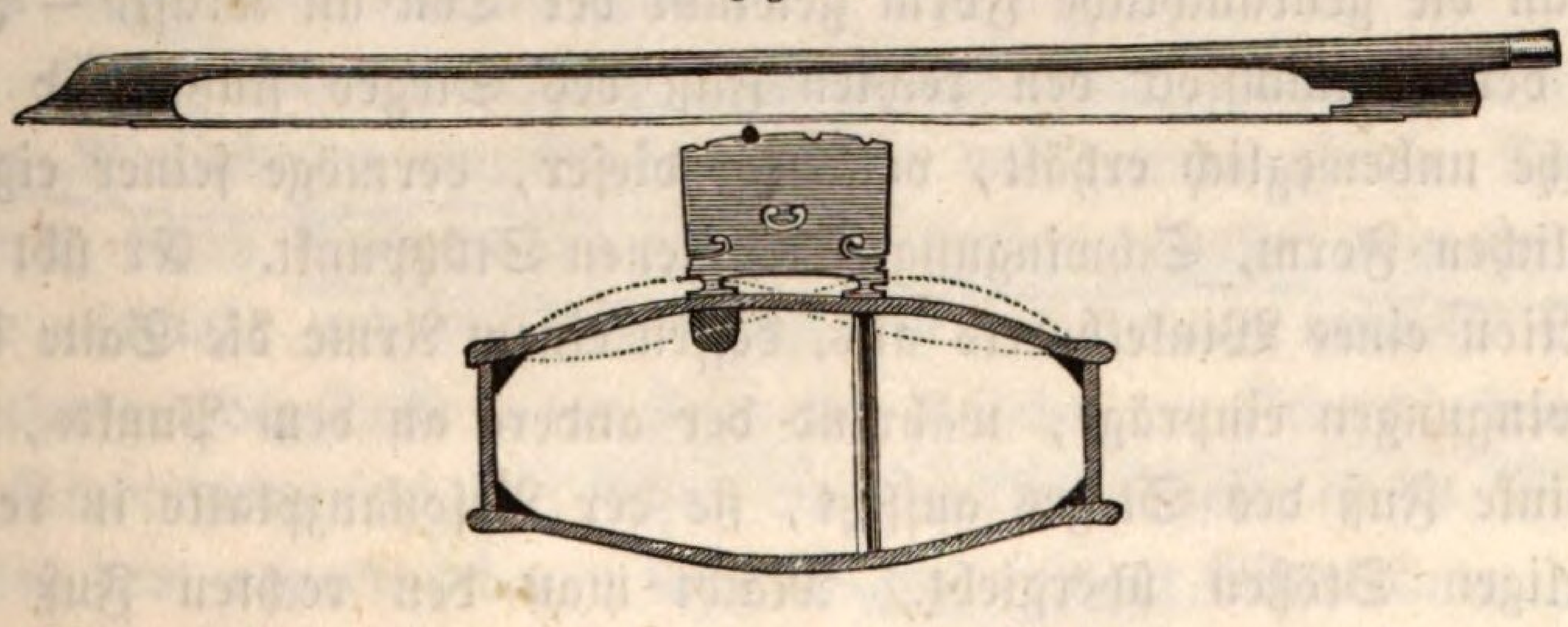
Ton einer Saite jedesmal durch das Mitschwingen einer gleich gestimmten Faser verstärkt werde. Es sollte aus dieser Ansicht sich erklären, warum ein Geigeninstrument, welches man zertrümmert und wieder zusammengesetzt habe, besser töne, als vorher. Allein die Sache selbst gehört zu den Fabeln. Man kann sich leicht überzeugen, daß sowohl die Decke als der Boden der Violine, seien sie nun unverletzt oder nach dem Zerbrechen wieder zusammengesetzt, vor wie nachher nicht etwa als eine Vereinigung elastischer Fasern, sondern als nach jeder Richtung zusammenhängende homogene Platten schwingen. Wenn man trocknen Sand auf die Decke oder den Boden der Violine streut, ehe man sie ertönen läßt, so zeigt dieser durch seine Anordnung die Ruhelinien an, durch welche die einzelnen schwingenden Felder jener Platten geschieden sind. Die Abtheilungsart ist bei beiden Platten die nämliche.

Unter dem rechten Fuße des Steges, nur wenig nach abwärts verschoben, ist zwischen Decke und Boden ein dünner Holzcylinder eingestellt, von den deutschen Künstlern der Stimmstock, von den französischen sehr bezeichnend die Seele (l'âme) der Violine genannt. Nimmt man dieses Stäbchen heraus, so verliert der Ton des Instrumentes seine kräftige markige Natur, er wird arm und dünn. Die Schwingungsbewegung fließt aus der Saite durch den Steg auf die Decke, den eigentlichen Resonanzboden der Violine, über und wird durch den Stimmstock sowohl, als durch die Seitenwände (die Zargen) auf die aus Ahornholz bestehende Bodenplatte übertragen. Offenbar wird, wenn der Stimmstock fehlt, diese Uebertragung unvollständiger, allein man überzeugt sich leicht, daß diese Function jenes kleinen Stäbchens nur eine untergeordnete ist, da man den Stimmstock auch mittelst eines besonderen, auf den Zargen aufgesetzten Gestelles von Oben, oder durch eine durch den Boden gebrochene Oeffnung von Unten gegen die Decke pressen, ja da man ihn sogar durch ein auf die Decke gelegtes Gewicht von gewisser Größe ersetzen kann, ohne merklich an der Stärke des Tones zu verlieren.

Der Hauptzweck des Stimmstocks ist, der Schwingungsbewegung der beiden Platten des Violinkastens eine Richtung senkrecht gegen ihre eigene Flächenausbreitung zu geben, die einzige

Schwingungsart, bei welcher sie in der angrenzenden Luft hinreichend kräftige Wellen zu erregen vermögen. Nimmt man den Stimmstock aus der Violine und durchbohrt Boden und Decke so, daß man nach Belieben mit dem Bogen die Saiten parallel mit der Fläche der Platten, also wie gewöhnlich, oder auch rechtwinkelig mit denselben anstreichen kann, so hört man im ersten Falle nur einen schwachen Ton, im letztern aber ganz den kräftigen glänzenden Klang der Violine. Es steht diese Beobachtung im innigsten Zusammenhange mit einem ganz allgemeinen Gesetze, wonach bei Verbreitung von Schwingungen in einem zusammengesetzten Körper die Bewegung der Moleküle auch in den entferntesten Theilen derjenigen an der Erregungsstelle parallel bleibt. Fehlt daher der Stimmstock in der Violine, so würden bei der gewöhnlichen Art, die Saiten zu streichen, nur die Zargen sich mit ihrer ganzen Fläche gegen die umgebende Luft bewegen, Decke und Boden aber nur zur Leitung dienen. Es tritt jedoch noch ein Umstand dazwischen, welcher es, auch bei fehlendem Stimmstock, nicht zu diesem Aeußersten kommen läßt. Wie ein senkrecht gestellter Stab, gegen welchen man von Oben einen Schlag führt nicht nur in seiner Längenrichtung erschüttert, sondern in Folge dieser Erschütterung seitlich gebogen wird, so geschieht es auch, daß eine Saite, ein Stab oder eine Platte, welche man in Längenschwingung versetzt, zugleich transversale Ausbiegungen von gleicher Dauer annehmen, etwa wie sie in folgender Figur für die Resonanzplatte der Violine in starker Vergrößerung durch die punctirten Linien angedeutet sind.

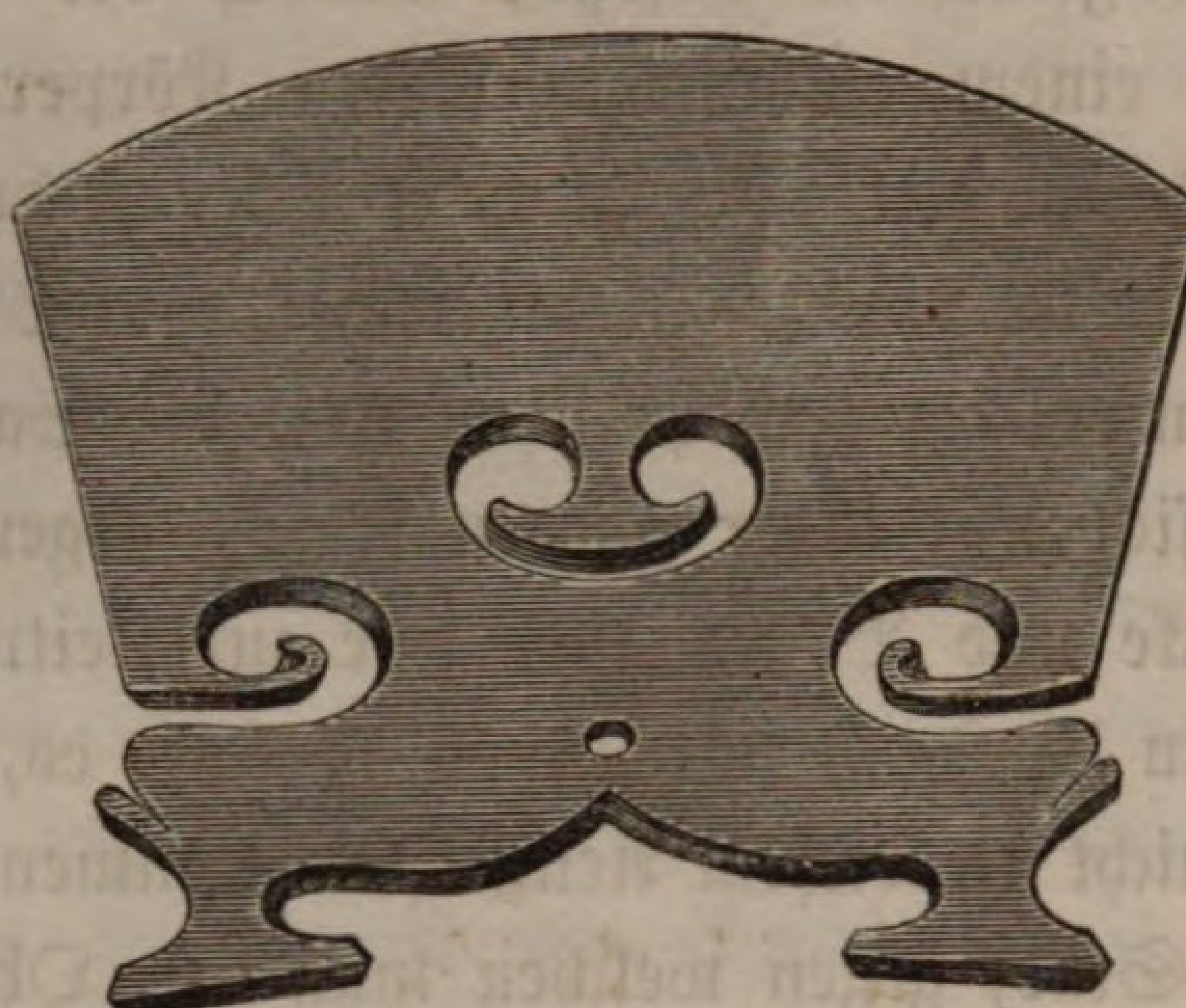
Fig. 10.



Man würde den Ton eines der Länge nach schwingenden Stabes oder einer Platte wohl kaum vernehmen, wenn seine Bewegung nicht von solchen Querbiegungen begleitet wäre. Aber auch

sie vermögen nur einen schwachen Ersatz für die Tonfülle zu bieten, welche dann eintritt, wenn die erregende Kraft unmittelbar rechtwinkelig gegen die Platten gerichtet ist. Da man dieß bei den Streichinstrumenten nur dann haben könnte, wenn die Saiten auf der schmalen Seite über den Zargen ausgespannt wären, so haben die Künstler Ersatz durch den Stimmstock geboten, dessen Wirkung wesentlich durch die eigenthümliche Form des Steges bedingt ist.

Fig. 11.



Diese Form, welche nur ein Spiel der Laune zu sein scheint, kann selbst in ihren kleinsten Einzelheiten nicht ohne Schaden aufgegeben werden. Ersetzt man den Steg durch ein Holzplättchen, welches nur dem äußeren Umfang nach seine Form hat, so giebt die Violine fast keinen Ton; dieser tritt wieder hervor, wenn man die Füße des Steges ausschneidet, und mit jeder weiteren Annäherung an die gebräuchliche Form gewinnt der Ton an Kraft. — Indem der Stimmstock den rechten Fuß des Steges stützt und ihn beinahe unbeweglich erhält, vollendet dieser, vermöge seiner eigenthümlichen Form, Schwingungen um jenen Stützpunkt. Er übt die Function eines Winkelhebels aus, dessen einem Arme die Saite ihre Schwingungen einprägt, während der andere an dem Punkte, wo der linke Fuß des Steges aufsitzt, sie der Resonanzplatte in rechtwinkeligen Stößen übergiebt. Macht man den rechten Fuß des Stegs durch Einklemmen in eine Zange unbeweglich, so verliert zwar der Ton der Violine etwas; unvergleichbar größerer Eintrag geschieht ihm aber, wenn man dem linken Fuß auf dieselbe Weise

seine Beweglichkeit raubt, da dieser es ist, welcher im Auf- und Niedergang den Resonanzboden zu bewegen hat. Damit diese Bewegung sich dem Resonanzboden in seiner ganzen Länge einpräge und sich dieser, namentlich bei den höheren Tönen, nicht in eine beträchtliche Zahl kleiner schwingender Felder theile, läuft unter demselben und unter dem linken Fuße des Steges eine Verstärkung in Form eines Stäbchens (der Balken) längs des ganzen Kastens der Violine. Die Wirkung desselben wird noch durch den Umstand unterstützt, daß die Fasern des Resonanzholzes stets der Länge nach laufen, eine Fichtenplatte aber in Richtung der Fasern einer Biegung kräftiger widersteht, als senkrecht gegen dieselben. Uebrigens erfüllt der Balken sowohl wie die gewölbte Form der Decke den Zweck, dem Ganzen mehr Widerstandsfähigkeit gegen die etwa 54 Pfund betragende Spannung der Saiten zu geben.

Die Schwingungen der Saiten würden sich nicht mit gleicher Kraft auf den Resonanzapparat der Violine übertragen, wenn der Bogen in der Mitte der Saite, anstatt in der Nähe des Stegs angriffe. Die unsymmetrischen Ausbiegungen, welche die Saite an dieser Stelle annimmt, pflanzen sich längs derselben fort und üben an ihrem zweiten Stützpunkt, am Hals der Violine, hinlänglich kräftige Stöße aus, um auch diesen noch in merkliche Erschütterung zu versetzen. Es ist darum nicht gleichgültig, aus welcher Substanz derselbe gebildet ist. Zu hartes oder zu weiches Holz schadet der Güte des Tones und derselbe verliert merklich an Kraft, wenn man den Hals und die unteren Befestigungspunkte der Saiten ganz von dem Kasten der Violine trennt.

Wenn man zwei gleich große Holzplatten, welche, einzeln mit dem Violinbogen angestrichen, nicht vollkommen gleiche Tonhöhe geben, durch Seitenwände zu einem Kasten, ähnlich dem der Violine, schließt und die innere Luft mit der äußeren mittelst Durchbrechungen der Decke in der Form der F-löcher der Streichinstrumente in Verbindung setzt, so stehen die einzelnen Theile dieses Systems unter dem unverkennbaren Einfluß gegenseitiger Einwirkung. Nicht nur geben beide Platten, wenn man durch eigens in denselben angebrachte Durchbohrungen den Bogen rechtwinkelig gegen ihre Fläche führt, genau einerlei Ton, sondern auch die im Kasten eingeschlossene

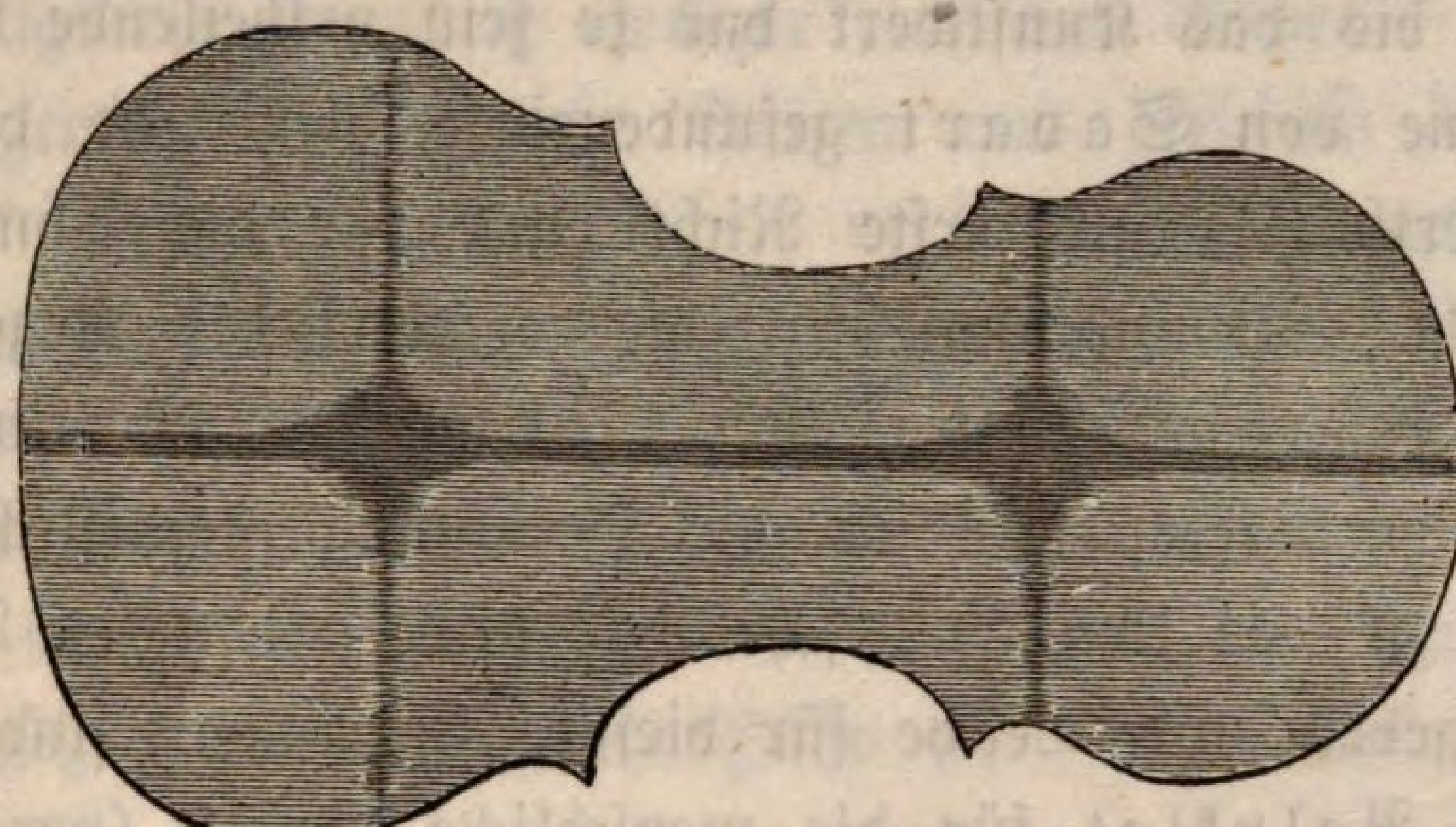
Luft, wenn sie mittelst eines cylindrischen, vorn zur feinen Spalte breitgeschlagenen Metallrohrs angeblasen wird, stimmt auf die gleiche Tonhöhe. Man kann durch Dünnerschaben Einer Holzplatte deren Ton tiefer machen, allein gleichzeitig ändert sich dann auch die Tonhöhe der andern, sowie der eingeschlossenen Luft, um gleichviel. Das Verschließen einer der *f*-förmigen Oeffnungen macht den Ton der Luftmasse tiefer, ähnlich wie man dieß bei einer offenen Orgelpfeife durch theilweises Decken ihrer Mündung bewirkt. Aber der Ton der einzeln angestrichenen Breter geht dann gleichfalls herab und die nämliche Wirkung beobachtet man an den Schwingungen der Luft und der Platten, wenn man den Stimmstock verkürzt oder ganz herausnimmt. Offenbar vermögen sich in den einzelnen Theilen des Violinkörpers nur solche Schwingungen zu erhalten, welche das ganze System im Einklang zu vollenden fähig ist. Nicht nur an besonders construirten Kästen der mannichfaltigsten Form, sondern auch an vorzüglichen Instrumenten von Stradivario und Guarnerio haben sich diese Beobachtungen bewährt.

Wenn nun auch durch den aus Steg, Stimmstock und Balken so sinnreich zusammengesetzten Mechanismus der Resonanzapparat möglichst vollständig in den Dienst der Saiten gezogen wird und seine Bestandtheile ihre Schwingungen untereinander ausgleichen, so ist es darum keineswegs gleichgültig, in welcher Größe dieser Apparat ausgeführt wird, vielmehr ist die Schönheit und Fülle des Tones an ganz bestimmte Verhältnisse geknüpft. Macht man in einem rechteckigen Kasten, über welchen man Saiten ganz nach dem System der Violine gespannt hat, den Boden wie den Kolben einer Pumpe verschiebbar, so daß man größere oder kleinere Luftmassen zur Resonanz verwenden kann, so ist es unverkennbar, daß nur bei einer gewissen Abmessung des Luftraumes die höheren wie die tieferen Töne ihren reinsten und vollsten Klang geben.

Savart war durch die Liberalität eines Pariser Instrumentenmachers (Willaume) in den Stand gesetzt, eine größere Anzahl von Violinen aus Meisterhänden, sowohl im Ganzen, als in ihren Bestandtheilen, einer sorgfältigen akustischen Analyse zu unterwerfen. Die Luftmasse, welche in den Instrumenten von Stradivario eingeschlossen ist, gab, auf die früher angegebene Weise

an einem der F=löcher angeblasen, stets den Ton von 256 Schwingungen, also c_1 nach der Orchesterstimmung, bei welcher jene Instrumente gebraucht wurden. Die Resonanzplatte von Fichtenholz, so mit dem Bogen angestrichen, daß aufgestreuter Sand eine Knotenlinie in Richtung der Länge und zwei in Richtung der Breite bildete, etwa wie in der folgenden Figur,

Fig. 12.



gab einen Ton zwischen cis_1 und d_1, der Boden von Ahornholz unter den gleichen Umständen einen Ton zwischen d_1 und dis_1, so daß beide um eine ganze Tonstufe auseinanderlagen. Von nicht geringem Einfluß ist dabei die Beschaffenheit, namentlich die Länge des Stimmstocks. Ist er zu kurz, so geht die Tonhöhe der Luftmasse und der Platten des Resonanzkastens herab, die Töne der tieferen Saiten verstärken sich auf Kosten der höheren. Das Umgekehrte findet dann statt, wenn der Stimmstock zu lang ist und einen zu starken Druck gegen Boden und Decke ausübt.

Die Beständigkeit, mit welcher jene Verhältnisse bei den Instrumenten des genannten Meisters sich wiederholen, ist ein Beweis für die Sorgfalt, welche in jener klassischen Zeit des Violinenbaues angewendet wurde. Nach der von uns angenommenen Normalstimmung müßte, wenn jene Verhältnisse eingehalten werden sollten, das Luftvolum einen Ton von 262, die Decke zwischen 277 und 294, der Boden zwischen 294 und 311 Schwingungen geben. Man muß übrigens annehmen, daß man hierdurch allein noch nicht nothwendig zu einem guten Instrumente gelangt; wir haben wenigstens auch bei sehr mangelhaften Violinen jene Zahlenverhältnisse fast genau wiedergefunden, sie bieten sich bei den einmal angenommenen

Dimensionen fast von selbst. Es ist kein Zweifel, daß die Meister, welche so vortreffliche Instrumente bauten, dieselben wiederholt auseinandernahmen und wieder zusammensetzten, ähnlich wie der Optiker unter vielen mit aller geometrischen Sorgfalt geschliffenen Linsen diejenigen zusammensucht, welche die vollkommensten Bilder geben; daß sie unablässig an der Verbesserung eines Instrumentes arbeiteten, wie der Maler an seinem Bilde, der Bildhauer an seiner Sculptur, bis das Kunstwerk das so fein urtheilende Ohr befriedigte. Jene von Savart gefundenen Zahlen sind darum nicht weniger werthvoll, als erste Richtschnur für die Abmessung der Bestandtheile. Nimmt man dazu die geometrischen Regeln, welche Antonio Bagatella in seiner 1782 von der Academie zu Padua gekrönten Preisschrift für die Herleitung sämmtlicher Dimensionen bis zu den kleinsten, scheinbar unbedeutendsten Theilen der Violine gegeben und welche für dieses Instrument sind, was der Kanon des Polyklet für die menschliche Gestalt (vergl. hierüber den Anhang 2), so ist die Erwartung gerechtfertigt, daß man auch heutzutage Violinen bauen könne, welche den Amati, Guarneri und Stradivari völlig gleich stehen, vorausgesetzt, daß der Künstler sein Werk mit gleicher Beharrlichkeit und Liebe pflege und zu Ende führe.

Alle Eigenthümlichkeiten des Baues wiederholen sich im Wesentlichen bei den drei anderen Instrumenten, der Viola, dem Violoncelle und dem Contrebaß, welche mit der Violine zusammen die Aristokratie des Orchesters, das sogenannte Streichquartett, bilden. Die Größenverhältnisse dieser Instrumente sind aber offenbar weit mehr nach der Bequemlichkeit des Gebrauchs, als nach akustischen Principien bemessen. Wenn man von der Ansicht ausgeht, daß bei der Violine die vortheilhaftesten Verhältnisse getroffen sind, so zeigt eine einfache Vergleichung, daß die Resonanzapparate der Viola und des Contrebasses viel zu klein sind und auch der des Violoncelle's nicht ganz die entsprechende Größe hat. Nach Antonio Bagatella's Vorschrift werden Violine und Viola vollkommen geometrisch ähnlich gebaut, so daß an allen, auch den kleinsten Theilen der Viola, Länge, Breite und Dicke in gleichem Verhältnisse gegen die Violine vergrößert erscheinen. Die Aus-

führung dieser Regel gestaltet sich sehr einfach, wenn man mit Bagatella die längste Dimension des Kastens in 72 gleiche Theile eintheilt und in den Theilen dieses Moduls alle Maße der Länge, Breite und Höhe, sowie der Holzstärken ausdrückt und bemißt.

Um die akustische Wirkung einer solchen Uebertragung eines Instrumentes in einen größeren oder kleineren Maßstab zu beurtheilen, genügt die Kenntniß weniger einfacher Sätze.

Zwei geometrisch ähnliche Saiten aus gleichem Stoffe und gleich stark gespannt, geben Töne, deren Schwingungszahlen sich umgekehrt, wie die Quadrate der Länge verhalten. Vervierfacht man die Länge einer Saite, so sinkt die Tonhöhe um zwei Octaven. Wählt man aber, um die ähnliche Form herzustellen, statt ihrer eine andere Saite von vierfacher Dicke, so geht der Ton abermals um zwei, gegen die anfängliche Höhe also im Ganzen um vier Octaven herab.

Da Saiten, deren Dicke in gleichem Verhältnisse mit ihrer Länge zunimmt, immer weniger biegsam werden, so ist es zweckmäßig, sie unter größerer Spannung zu gebrauchen. Gesetzt nun, auch diese vergrößern sich mit Länge und Dicke in gleichem Verhältnisse, so wird die Beziehung zwischen Länge und Schwingungszahl der Saiten etwas verwickelter. Die Quadrate der Schwingungszahlen verhalten sich dann umgekehrt wie die dritten Potenzen der Längen. Angenommen, man vergrößere Länge, Dicke und Spannung einer Saite auf das Vierfache, so sinkt die Schwingungszahl auf ein Achtel der anfänglichen Größe, also der Ton um drei Octaven herab. — Die Tonlage der Viola ist eine Quinte tiefer, als die der Violine, das Violoncelle steht Eine, der Contrebaß nahe zwei Octaven tiefer, als die Viola. Berechnet man hiernach und ausgehend von dem zweiten der obigen Gesetze aus der S. 7 angegebenen Saitenlänge der Violine diejenigen der drei anderen Streichinstrumente, so findet man 15″ 10‴ für die Viola, 25″ 6‴ für das Violoncelle und sehr nahe 40″ für den Contrebaß. Wie man sieht, weicht nur die Viola merklich von den so gefundenen Verhältnissen ab. Bei ihr sind die Mensuren, offenbar des Fingersatzes wegen, bedeutend verkürzt, und die Tiefe ist, da auch die

Spannungen nahezu die nämlichen sind, wie bei der Violine, fast allein durch das größere Gewicht der Saiten herausgebracht. Ob hierin der Grund des weniger hellen und glänzenden Tones der Viola, oder ob er in den mangelhaften Resonanzverhältnissen, zu deren Betrachtung wir uns jetzt wenden, gelegen ist, bedarf noch näherer Untersuchung.

Die Schwingungsverhältnisse ungleich großer, aber ähnlich geformter Luftmassen, sowie diejenigen geometrisch ähnlich gebildeter Platten, unterliegen dem nämlichen einfachen Gesetze. Es verhalten sich die Schwingungszahlen umgekehrt wie irgend zwei entsprechende Dimensionen. Ist man nur der ähnlichen Form versichert, — und wenn wir die Regeln Bagatella's zu Grunde legen, ist dieß offenbar der Fall, — so genügt eine Messung der Länge oder der Breite der Resonanzkästen an entsprechenden Stellen, um sofort auf das Verhältniß der Schwingungszahlen dieser Resonanzapparate zu schließen.

Die Länge des Kastens der Violine ist 13 Par. Zolle, der Viola 14 Zolle 5 Linien. Genau im umgekehrten Verhältnisse stehen die Schwingungszahlen 470 und 241, welche durch Anblasen der Lufträume jener beiden Instrumente gefunden wurden. Die Resonanzräume des Violoncelle's und des Contrebasses würden für die Behandlung des Spielers unbequem, wenn auch sie der Violine vollkommen ähnlich gebaut würden. Dieß ist aber auch zur Erlangung einer guten Resonanz keineswegs erforderlich, vielmehr kann man die nämlichen akustischen Resultate erreichen, wenn man an der Höhe des Zargen zusetzt, was durch Verkürzung des Kastens verloren ging. Um dann auch Boden und Decke mit dem Luftraum in Einklang zu setzen, genügt es, die Holzstärke in der Mitte verhältnißmäßig zu vermehren, während man sie gegen die Zargen hin ungeändert läßt. Es wird hierdurch ihr Gewicht vermehrt, ohne daß die elastische Rückwirkung in gleichem Maße zunimmt; der Ton wird mithin tiefer, trotz der verkleinerten Fläche. Indem Bagatella die größte Länge der Resonanzräume aller vier Streichinstrumente in 72 Theile eintheilt, schreibt er vor, $6\frac{1}{8}$ solcher Theile für die Zargenhöhe der Violine und Viola, dagegen $11\frac{5}{8}$ Theile für die Zargenhöhe des Violoncelle's und Contrebasses

zu nehmen. Die Holzstärke von Decke und Boden läßt er von der Mitte der Brust oder des Rückens bis zu den Zargen bei den beiden ersten Instrumenten von ½ auf ¼ Theil, bei den beiden letztern von ⅔ auf ¼ Theil abnehmen.

Es sind daher von den Streichinstrumenten nur die Violine und Viola im strengsten Sinne des Wortes ähnlich gebaut und es können daher von den Längen der Resonanzräume

Violine	Viola	Violoncelle	Contrebaß
13″	14″5‴	27″6‴,2	39″8‴,5

nur die beiden ersten zur akustischen Vergleichung auf dem Grund der oben mitgetheilten Gesetze dienen. Danach stimmt der Resonanzapparat der Viola nur um Eine Tonstufe tiefer, als derjenige der Violine, und doch sollte er der Tonlage nach, welche für die Resonanzräume die Längen

13″	19″6‴	39″	78″

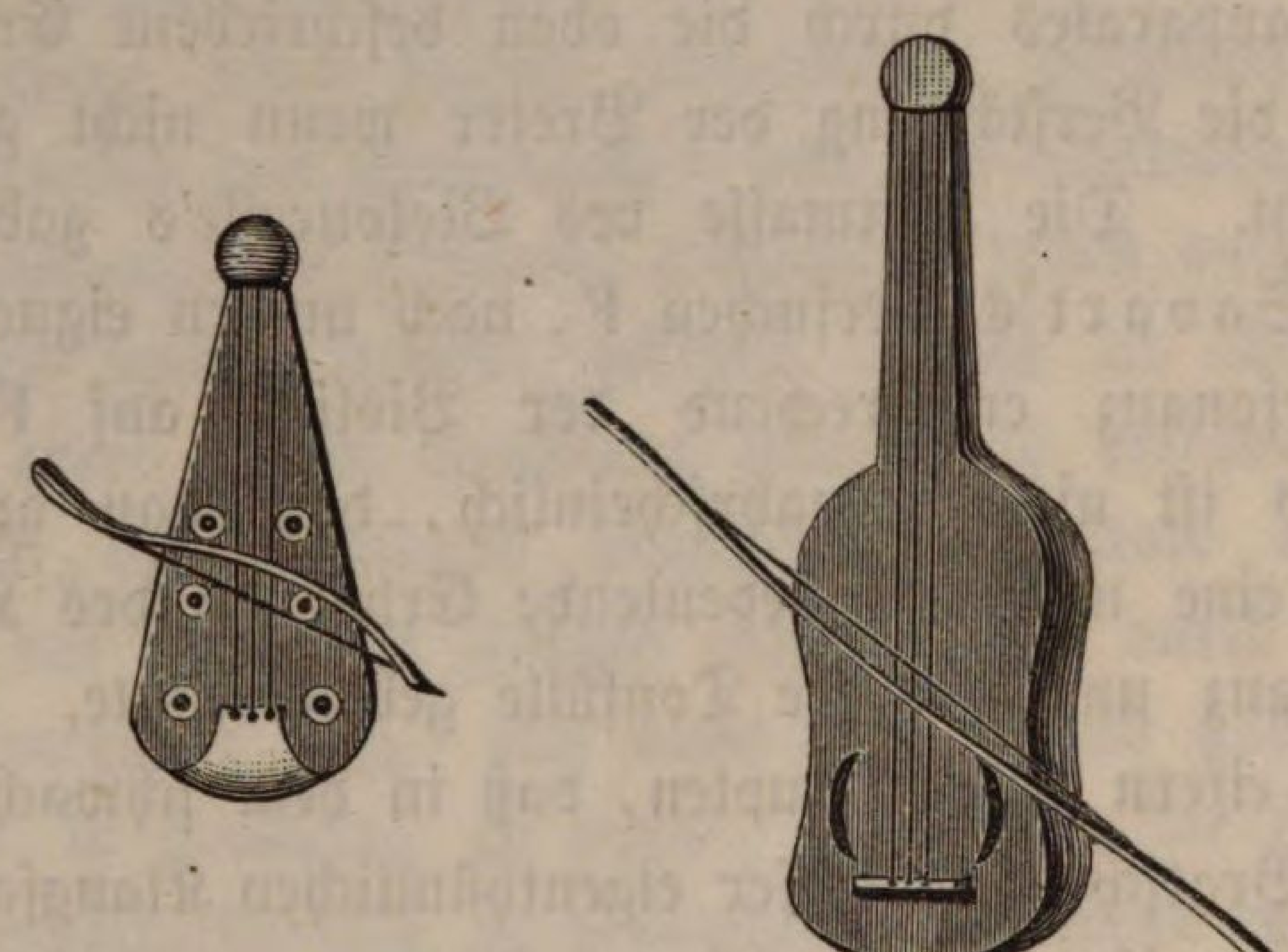
verlangt, eine Quinte tiefer stimmen. Man sieht, daß bei dem Violoncelle die gebräuchliche Länge nur etwa ⅔ der theoretischen, bei dem Contrebaß sogar nur die Hälfte derselben beträgt. Allein die Künstler haben bei diesen Instrumenten die gehörige Stimmung des Resonanzapparates durch die oben beschriebene Erhöhung des Kastens und die Verstärkung der Breter wenn nicht genau, doch nahezu erreicht. Die Luftmasse des Violoncelle's gab beim Anblasen nach Savart's Versuchen F, nach unsern eignen G, während die Resonanz entsprechend der Violine auf Fis stimmen müßte. — Es ist nicht unwahrscheinlich, daß man auch dem der Viola durch eine nicht allzubedeutende Erhöhung des Kastens eine bessere Resonanz und größere Tonfülle geben könnte. Allein man wird dagegen eifern und behaupten, daß in dem schwachen, näselnden Ton der Bratschen, in dieser eigenthümlichen Klangfarbe, gerade ihr Hauptvorzug für das Orchester bestehe.

Bei den orientalischen Völkern, welche unter der Herrschaft des Islam stehen oder an die muhamedanischen Länder angrenzen, findet man Bogeninstrumente in den mannichfaltigsten Formen, wiewohl sämmtlich von unvollkommenerer Art, als die unsrigen. Die Griechen und Römer kannten diese Instrumente nicht und sie werden im Abendlande vor dem Eindringen der Araber in Europa

nicht angetroffen. Es ist uns nicht gelungen, aus einer früheren Zeit, als dem 11. Jahrhundert, wo bekanntlich die Berührungen Südeuropa's mit dem Orient häufiger geworden waren, unverwerfliche Zeugnisse für den Gebrauch jener Instrumente zu finden, und auch später, im 11., 12., 13. und 14. Jahrhundert, ist es ausschließlich ein dreisaitiges, noch höchst unvollkommenes Bogeninstrument, welches von herumziehenden Musikern gespielt wird. In Frankreich führte dasselbe den Namen Rebec, offenbar entstanden aus der Benennung eines ähnlichen Instrumentes, welches von der Nordküste Afrika's bis nach Indien hin noch heutzutage unter den Namen Rebeb, Erbeb und Repab bei den muhamedanischen Völkern angetroffen wird.

Die Kirche des heiligen Michael in Pavia, welche in ihrem ältesten Theile aus dem 6. Jahrhundert stammt *), trägt Reliefs aus dem 11. Jahrhundert, auf welchen ein Musiker mit einem Bogeninstrumente dargestellt ist. Die erste der beiden folgenden Abbildungen ist der Pergamentmalerei eines Manuscripts des 11. Jahrhunderts entnommen, welches die Psalmen Davids enthält. **)

Fig. 13.



Die zweite Abbildung stellt das Rebec dar, wie es in Vignetten von Pariser Handschriften ***) und auf Glasmale-

*) Valery, voyage en Italie, I, 213.

**) Hefner, die Trachten des christlichen Mittelalters, erste Abtheilung, Tafel 83. Manuscript der Leipziger Bibliothek.

***) Essai sur la musique ancienne et moderne (par de Laborde) I, 305.

reien *) des 13. Jahrhunderts zu finden ist. Auf allen ähnlichen Abbildungen aus dem 10. Jahrhundert fehlt das Bogeninstrument. Die Namen Fiedel, viddel und videller, welche sich in den ältesten Denkmalen deutscher Poesie finden und erst später dem für edler geltenden Worte Geige (romanischen Ursprungs; gigue, guigua, bedeutet Schenkel) wichen **), beziehen sich offenbar nicht auf ein Streichinstrument. In der um's Jahr 860 von Otfried verfaßten Evangelienharmonie schildert der Dichter die musikalischen Herrlichkeiten des Himmels mit folgenden Worten:

sih thas ouh al ruarit, thaz organa fuarit
lira, ioh fidula, ioh managfaltu suegala.
Da rührt sich auch Alles, was Instrumente führet
Leyer und Fiedel und mannichfaltige Pfeifen.

Der Name Fiedel rührt her von fidicula, welches Cicero als ein römisches Saiteninstrument aufführt. Es wurde mit einem Stäbchen, dem Plectrum geschlagen, wie man aus vielen Abbildungen aus dem 10. Jahrhundert ersehen kann***). Noch heutzutage wird der Name Strohfiedel für ein Instrument gebraucht, welches nicht gestrichen, sondern mit Hämmern geschlagen wird. Dagegen heißt es von Volker, dem Fiedler, im Niebelungenlied ausdrücklich, daß er den Bogen geführt. Die Braunschweiger gemalte Chronik vom Jahr 1203 giebt folgende Erzählung: „In dussem Jare geschah ein Wundertecken by Stendal in dem Dorppe gehrten Ossemer, dar sat de Perner des Mitweckens in den Pingxsten und veddelte synen Buren to dem Danse; Da quam ein Donreschlag und schloch dem Perner synen Arm aff mit dem Veddelbogen unde XXIV Lüde tod up dem Tyn."

*) De Viel Castel, costumes pour servir à l'histoire de France, Paris 1827. Insbesondere die Glasmalereien der Abtei von Royaumont.

**) Das Wort „Geige" tritt erst ums Jahr 1200 im Mittelhochdeutschen auf. Selbst Luther hat in den ersten Fragmenten seiner Bibelübersetzung: „Sie gingen ihm (Salomo) entgegen mit Freuden, mit Pauken und mit Viddeln", in der vollständigen Ausgabe aber anstatt der letzten Worte „und mit Geigen."

***) Hefner, die Trachten des christlichen Mittelalters. Erste Abtheilung, Tafel 53 und 74.

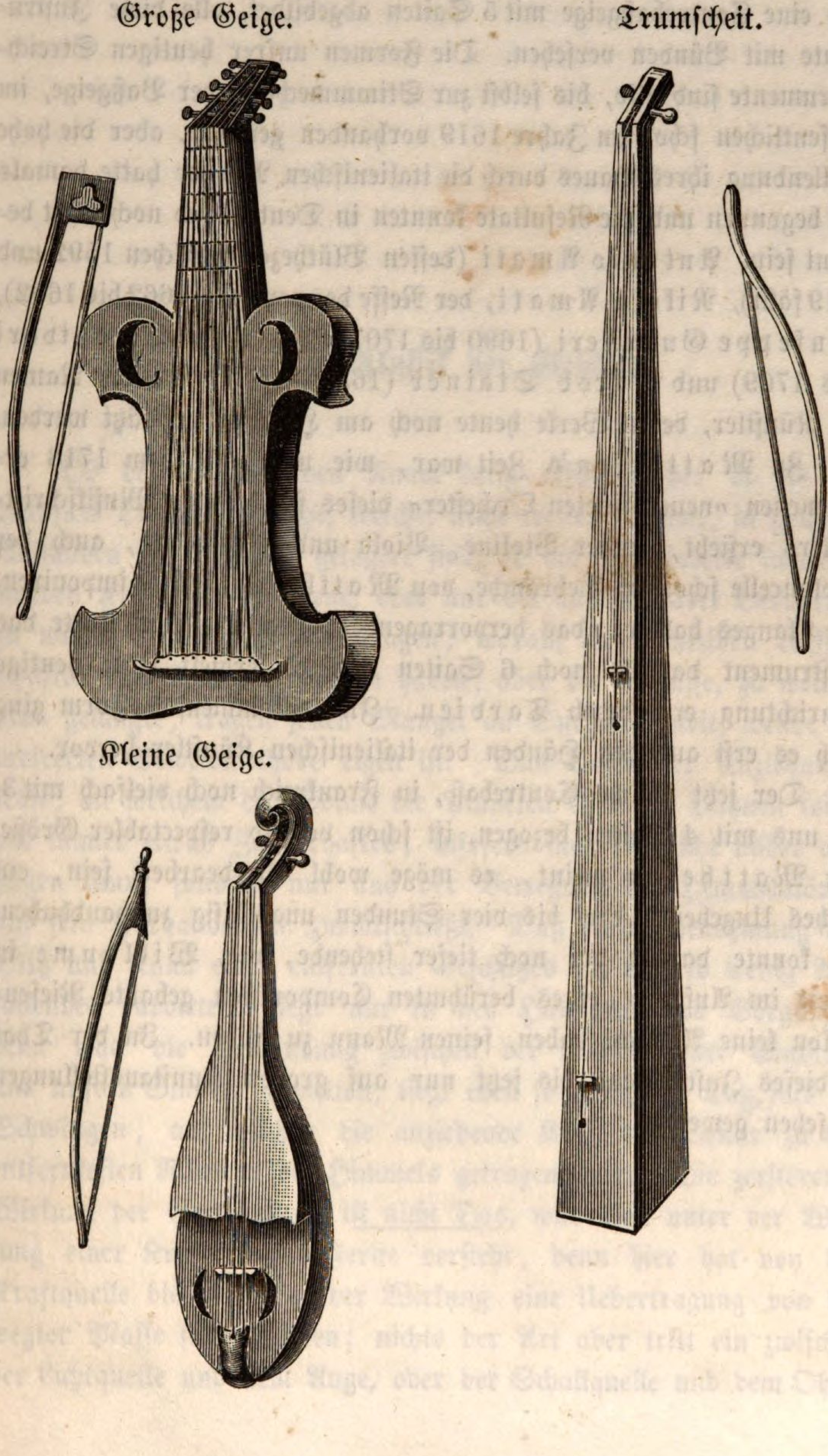
Denjenigen, welche sich für die Geschichte des Instrumentenbaues interessiren, kann es nur willkommen sein, daß wir einige mit Abbildungen musikalischer Instrumente versehene Werke aus der Zeit vor der klassischen Periode der Streichinstrumente besitzen. Sebastian Wirdung kannte, zufolge seiner 1511 zu Basel erschienenen "Musica", die folgenden Bogeninstrumente, welche von Martin Agricola in seiner 1545 herausgegebenen „Musica instrumentalis“ fast unverändert wieder aufgeführt werden.

Das erste dieser Instrumente, Fig. 14, heißt die "große Geigen" und hat 9 Saiten, außerdem Bünde, welche den Fingersatz anzeigen, wie heutzutage die Guitarre und verwandte lautenartige Instrumente. In der That scheint jenes Instrument seinem ganzen Aeußern nach von den Lauten abzustammen. Da kein Steg vorhanden ist, sieht man schwer ein, wie es mit dem Bogen gespielt werden konnte. Agricola bildet es in vier Größen, für Discant, Alt, Tenor und Baß ab, übrigens nur mit 4 Saiten. — Das zweite Bogeninstrument führt den Namen "klein Geigen" und ist offenbar mit seinen 3 Saiten und dem Steg ächter Abstammung von dem Rebec, zugleich der eigentliche Stammvater der Violinen. Es hat wie diese keine Bünde, weßhalb Wirdung bemerkt: "Die art saiten spill synd nit so eygentlich zu reguliern und zu beschryben. Daruf zu lernen muß vil mere durch den verstand des gesangs zu gan, dann man das durch Regeln beschryben mag; darumb ich sye auch für onnütze instrumenta achte, die cleynen geigen und das Trumscheit." Letzteres scheint aus dem Monochord hervorgegangen zu sein, bei Prätorius in seinem 1619 herausgegebenen „Syntagma musicum“ hat es 4 Saiten.

In der letzten Hälfte des 16. Jahrhunderts hatte sich aber das Geschlecht der Bogeninstrumente, namentlich in Italien, sehr fruchtbar erwiesen, und die beiden Familien der Armgeigen, Viola di braccio, wovon der bei uns noch gebräuchliche Name "Bratsche" stammt, und der Kniegeigen, Viola di gamba, zählten viele Glieder. Von den ersteren bildet Prätorius die kleine Viole de poche mit 3 Saiten ab, ferner Discant- und Tenorgeigen mit 4 Saiten, welche schon ganz die heute übliche Form haben, endlich eine Baßgeige di braccio, deren Handhabung jedoch schwer zu begreifen ist.

Fig. 14.

Streichinstrumente aus dem 15. Jahrhundert.



Aus der Familie der Kniegeigen findet man eine eigentliche Viola gamba, eine Viola bastarda, einen Gambenbaß, sämmtlich mit 6 Saiten und eine Contrebaßgeige mit 5 Saiten abgebildet, alle diese Instrumente mit Bünden versehen. Die Formen unsrer heutigen Streichinstrumente sind also, bis selbst zur Stimmmechanik der Baßgeige, im Wesentlichen schon im Jahre 1619 vorhanden gewesen, aber die hohe Vollendung ihres Baues durch die italienischen Meister hatte damals erst begonnen und die Resultate konnten in Deutschland noch nicht bekannt sein. Antonio Amati (dessen Blüthezeit zwischen 1592 und 1619 fällt), Nikolo Amati, der Neffe des vorigen (1662 bis 1692), Giuseppe Guarneri (1690 bis 1707), Antonio Stradivari (bis 1709) und Jacob Stainer (1650—1670) sind die Namen der Künstler, deren Werke heute noch am Höchsten geschätzt werden.

Zu Mattheson's Zeit war, wie man aus dem 1713 erschienenen „neueröffneten Orchester“ dieses fruchtbaren Musikschriftstellers ersieht, außer Violine, Viola und Contrebaß, auch der Violoncelle schon im Gebrauche, von Mattheson, seines imponirenden Klanges halber, „das hervorragende“ genannt. Doch hatte das Instrument damals noch 6 Saiten und es erhielt seine heutige Einrichtung erst durch Tardieu. In vollkommenster Form ging auch es erst aus den Händen der italienischen Künstler hervor.

Der jetzt übliche Contrebaß, in Frankreich noch vielfach mit 3, bei uns mit 4 Saiten bezogen, ist schon von so respectabler Größe, daß Mattheson meint, es möge wohl Pferdearbeit sein, ein solches Ungeheuer drei bis vier Stunden unabläßig zu handhaben. Es konnte darum der noch tiefer stehende, von Willaume in Paris im Auftrage eines berühmten Componisten gebaute Riesenviolon keine Aussicht haben, seinen Mann zu finden. In der That ist dieses Instrument bis jetzt nur auf großen Kunstausstellungen zu sehen gewesen.

3. Die Akustik der Gebäude.

Ob die Materie den Raum stetig erfülle, oder ob sie aus kleinsten Theilchen bestehe, welche, nicht weiter theilbar, in gewissen Abständen von einander gelagert sind, ob die der Materie innewohnenden Kräfte in die Ferne, oder nur bei unmittelbarer Berührung zu wirken vermögen, sind Fragen, worauf die inductiven Wissenschaften eine Antwort gegeben haben; aber die Schlüsse, zu welchen man gelangte, tragen jenen Mangel an Durchsichtigkeit, welche der indirecten Beweismethode eigen ist. Das Band der Anziehungskraft, an welchem die Sonne die Planeten in ihren Bahnen leitet, hat immer etwas Zauberhaftes, insofern man es nicht näher aufzeigen kann, sondern nur aus der Bewegung der Himmelskörper auf sein Vorhandensein zurückschließt. Daß die Wahrnehmung von Blitz und Knall eines entfernten Geschützes für uns so wenig Auffallendes darbietet, liegt nur in der Häufigkeit des Vorgangs; denn was die Verbindung zwischen der Quelle jener Eindrücke und unsern Sinnen vermittelt, liegt eben so wenig zu Tag, als die Schwingen, auf welchen die anziehende Kraft der Sonne zu den entferntesten Räumen des Himmels getragen wird. Die zerstörende Wirkung der Geschützkugel ist nicht Das, was man unter der Wirkung einer Kraft in die Ferne versteht, denn hier hat von der Kraftquelle bis zum Ort der Wirkung eine Uebertragung von bewegter Masse stattgefunden; nichts der Art aber tritt ein zwischen der Lichtquelle und dem Auge, oder der Schallquelle und dem Ohre.

Es ist wahr, man kann zwischen dem tönenden Körper und dem Gehörorgane nirgends die Kette materieller Körper unterbrechen, ohne daß der Schall erstirbt. Das größte Getöse auf dem Monde vermöchte nicht herab zur Erde zu bringen, weil die Atmosphäre eine Grenze hat, und um die Strahlen der Gestirne uns zuzuführen, muß den ganzen Himmelsraum eine feine, höchst elastische Flüssigkeit erfüllen. Aber auch bei diesen Vorgängen finden unzählige Wirkungen in die Ferne statt. Die Abstoßung zwischen den kleinen Theilchen der elastischen Körper, welche den Schall fortpflanzen, oder zwischen den Theilchen des Lichtäthers, mögen diese Abstände noch vielmal kleiner sein, als der millionte Theil einer Haaresbreite, ist eine Wirkung in die Ferne, so gut wie die Anziehung der Sonne, welche den Neptun in einem Abstand von 800 Millionen Meilen festhält.

Ein Stein, welcher auf einen ruhenden Wasserspiegel herabfällt, treibt um sich einen Wall in die Höhe. Indem die gehobene Wassermasse wieder herabsinkt, bringt sie eine ringförmige Masse von größerem Umfang zum Steigen, und dieß stetig fortwirkende Spiel stellt sich als der Fortgang einer in immer weiteren Kreisen sich verbreitenden Welle dar. Je weiter der Ring geworden ist, desto geringer ist die Erhebung des Wassers in demselben, da sich die Wirkung der ursprünglichen Stoßkraft auf eine immer größere Wassermasse vertheilt. Wer die Hand in die Welle hält, wird in der Nähe des Stoßmittelpunktes eine stärkere Erschütterung verspüren, als in größerer Entfernung. Einen leichten Körper, welcher auf dem Wasser schwimmt, sehen wir auf- und abwärts gerissen, während die Welle durch seinen Ort geht; aber daß er nicht von der Welle mit fortgenommen wird, beweist, daß nicht das Wasser selbst, welches diese Welle bildet, sondern nur die ihm inwohnende Bewegung den Ort wechselt, und sich von Schichte zu Schichte weiter überträgt. Die Wellen, welche auf weiten Meeren der Windstoß erregt und durch lange nachwirkenden Druck mehr und mehr verstärkt, eilen in langen Zügen, nicht selten mit einer Geschwindigkeit von mehren geographischen Meilen in der Stunde voran. Der Schiffer sieht sich von diesen mächtigen Wellenzügen zwar zu schwindelnder Höhe gehoben und wieder in die Tiefe

gerissen, aber dann überholt und zurückgelassen, der nachfolgenden Welle zur Beute.

Solche Erfahrungen haben dazu beigetragen, die Fortpflanzung des Schalles begreiflich zu machen. Während es bei den Wasserwellen die Schwerkraft ist, welche die Schichten in pendelartiger Bewegung auf und nieder gehen macht, werden in der Luft, in dem Wasser, in der Erde, wenn sie den Schall fortpflanzen, durch die elastische Kraft ganz ähnliche Schwingungen unterhalten; Verdichtungen wechseln mit Verdünnungen von einer Wellenhälfte zur anderen, wie in den Wasserwellen Berg und Thal sich folgen. Und wie in diesen die Wassertheilchen nicht mit der Welle fortfließen, sondern nur kleine geschlossene Bahnen beschreiben, so erzittern die Theilchen der Luft oder der Felsmassen, wenn ein Schall sie durcheilt, in raschen Schwingungen.

Eine trockene Thierblase, zusammengedrückt und verschlossen, schwillt unter der Glocke der Luftpumpe in dem Maße auf, als man die Luft unter der Glocke wegnimmt; sie schwindet auf den früheren Umfang zusammen, sobald der innere Raum der Glocke mit der äußeren Luft in Verbindung gesetzt wird. Es ist unmöglich, die elastische Natur der Luft deutlicher zu erkennen, als aus diesem einfachen Versuche; die abstoßende Kraft der in der Blase eingeschlossenen Lufttheilchen wird nur durch die pressende Last der darüber gelagerten atmosphärischen Schichten in Schranken gehalten; dem Maße dieser Last entspricht die Dichte, welche die Luft trotz jener in ihrem Innern thätigen abstoßenden Kraft behauptet. Wo ein schwingender Körper beim Vorwärtsgehen die Dichte der Luft über jenes Maß erhöht, oder zurückweichend, einen luftverdünnten Raum zurückläßt, da eröffnet er den elastischen Kräften einen Spielraum und die Wirkung macht sich in einer nach allen Richtungen concentrisch sich verbreitenden Kugelwelle geltend, welche rasch dahin eilt.

Eine lange, nach der Trommel marschirende Truppencolonne stellt die Fortpflanzung des Schalles dem Auge dar; einem längs der Reihe fortlaufenden Arpeggio vergleichbar, heben sich die Füße in der Folge, wie der Taktschlag der Trommel von der Luft weiter getragen wird. Zu einer genauen Messung der Schallgeschwin-

digkeit in der Luft kann indessen diese Beobachtung nicht führen. Baco von Verulam's Vorschlag, zwischen der Wahrnehmung von Blitz und Knall eines in abgemessener Entfernung aufgestellten Geschützes die Pulsschläge zu zählen und diese dann in Zeit zu verwandeln, ist, in etwas verbesserter Form und mit vollkommneren Hülfsmitteln, im Verlauf des 17., 18. und 19. Jahrhunderts wiederholt zur Ausführung gekommen. Anfänglich wählte man die Entfernungen zu klein, so daß die unvermeidlichen Fehler in der Zeitbestimmung einen höchst nachtheiligen Einfluß auf das Resultat äußern mußten. Im Jahre 1738 wurde von Mitgliedern der französischen Academie zum erstenmale eine längere Standlinie von 3 bis 4 geographischen Meilen gewählt; sie fanden, daß der Schall bei der Frosttemperatur (0° C.) in einer Secunde einen Weg von 1025 Pariser Fuß zurücklegt. In den Beobachtungsregistern jener Unternehmung findet sich der Einfluß des Windes angezeigt, welcher die mit ihm gehende Schallwelle beschleunigt, die ihm entgegengehende um gleichviel verzögert; da das einzige Mittel, welches die Resultate von diesem Einfluß unabhängig machen kann, nämlich möglichst gleichzeitig an beiden Endpunkten Geschütze abzufeuern und den Mittelwerth aus solchen correspondirenden Beobachtungen zu nehmen, damals vernachlässigt worden war und die in verschiedenen Gegenden der Erde angestellten Messungen noch sehr schwankende Resultate ergeben hatten, veranlaßte das Bureau des Longitudes in Paris auf den Vorschlag von Laplace neue Versuche, welche zwischen Montlhéry uud dem nicht ganz drei geographische Meilen davon entfernten Ville-juif angestellt wurden. Am ersten Orte beobachteten Bouvard, von Humboldt und Gay-Lussac, am letzteren Prony, Mathieu und Arago. Die Namen dieser Männer, welche der Tod seitdem bis auf Einen vom Schauplatze der Wissenschaft abgerufen hat, zeugen für den Werth, welchen man auf das Ergebniß dieser Beobachtungen legte, wie für die Sorgfalt, mit welcher alle Umstände erwogen waren, welche auf jenes Ergebniß von Einfluß sein konnten. In der Nacht des 21. Juni 1822 zwischen 10 und 12 Uhr wurden von 5 zu 5 Minuten abwechselnd Schüsse an beiden Stationen abgefeuert, und an Chronometern, welche noch den sechzigsten Theil einer Secunde angaben, die Zeit

gemessen. Der Beobachter setzte durch einen Druck des Fingers den Chronometer in Gang in dem Augenblick, als er den Lichtblitz gewahrte, und arretirte die Bewegung in dem Moment, in welchem der Schall zu seinem Ohre drang.

Der elastische Spannungszustand der Luft, welcher in der Quecksilbersäule des Barometers sein Maß findet, ist die Kraft, welche die Schallwelle treibt, das Gewicht der Luft stellt die zu bewegende Masse dar. Es ist demnach begreiflich, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles mit der Elasticität der Luft, sowie jedes andern Körpers, welchen er durchdringt, wachsen, daß sie mit der Dichte dieser Körper im umgekehrten Verhältnisse stehen muß. Denken wir uns Luft vollkommen trocken und von unveränderlicher Temperatur, so wächst ihre Dichte immer in gleichem Verhältniß mit dem Drucke, welcher auf ihr lastet und durch die Barometerhöhe gemessen wird. Darum ist auch die Schallgeschwindigkeit von dem Barometerstande unabhängig. Diese Folgerung der Theorie hat die beste Bestätigung erhalten durch die Beobachtungen, welche Myrbach und Stampfer im Jahre 1822 zwischen Untersberg und dem Mönchstein bei Salzburg und Martins und Bravais im Jahre 1844 zwischen dem Dorfe Tracht am Brienzer See und dem Gipfel des Faulhorns anstellten. Der Schall durchlief bei den ersten Beobachtungen eine um 8, bei den letzteren eine 12 Grade gegen den Horizont geneigte Linie, er hatte daher Luftschichten von sehr ungleicher Spannung und Dichte zu durchdringen; demungeachtet unterscheiden sich die gefundenen Geschwindigkeiten von 1025 und 1023 Fuß nicht wesentlich von derjenigen, welche man in horizontalem Terrain erhalten hatte.

Zwei Umstände vermögen bei gleich bleibender Spannung der Luft ihre Dichte zu vermindern, die Erhöhung der Temperatur und die Durchdringung derselben mit Wassergas, welches bei gleicher Elasticität nur $^5/_8$ von der Dichte der Luft hat. Bei den Beobachtungen von Ville-juif und Montlhéry wurden daher mit Recht das Thermometer, sowie die Spannung des in der Luft enthaltenen Wassergases gemessen; und wenn man Resultate verschiedener Beobachtungen vergleichen will, berechnet man immer die Schallgeschwindigkeit für den Fall ganz trockener Luft und für die Temperatur

des Eispunktes. Für jeden Grad der hunderttheiligen Scale, welchen die Luft wärmer ist, hat man der Schallgeschwindigkeit sehr nahe 2 Pariser Fuße (genauer 1,926 P. F.) zuzusetzen.

Die Beobachtungen der französischen Gelehrten vom Jahre 1822, welche mit so vieler Vorsicht angestellt wurden und eine Geschwindigkeit von 1019 Par. Fuß ergaben, würden unbedingtes Zutrauen verdienen, wenn nicht ein Zwischenraum von 5 Minuten schon zu groß wäre, um die in dieser Zeit sich folgenden Schüsse als wirklich correspondirende betrachten zu dürfen. Vollständiger wurde diese Bedingung, neben der Berücksichtigung aller übrigen einflußreichen Umstände, in den ausgezeichneten Beobachtungen erfüllt, welche Moll und van Beek im Jahre 1823 auf der Haide von Utrecht anstellten. Wir nehmen daher die von diesen Forschern gefundene Geschwindigkeit von 1022,7 Pariser Fuß als die der Wahrheit am Nächsten kommende an.

Die französischen Physiker erreichten übrigens den Zweck, welchen Laplace bei seinem Vorschlag beabsichtigte, vollkommen. Aus allgemeinen Grundsätzen der Bewegungslehre hatte Newton auf rein theoretischem Wege die Schallgeschwindigkeit in der Luft zu 862 Fuß berechnet, also nur zu etwa $^5/_6$ des wahren Werthes, und dieser erhebliche Unterschied zwischen Theorie und Beobachtung blieb ein länger als hundert Jahre ungelöstes Räthsel, bis Laplace darauf aufmerksam machte, daß in der verdichteten Wellenhälfte durch die plötzliche Zusammendrückung der Luft Wärme entbunden und somit die Spannung erhöht, in der verdünnten Wellenhälfte dagegen in gleichem Maße Wärme verschluckt, die Spannung daher unter das Maß vermindert werde, welches durch die Verdünnung allein gegeben sei. Da aber die Triebkraft für die Fortpflanzung des Schalles in dem Unterschied der elastischen Spannung benachbarter Luftschichten gegeben ist, so erklärt sich, warum die Nichtbeachtung jenes Umstandes auf eine zu kleine Schallgeschwindigkeit führen mußte. Nachdem Laplace aus den directen Versuchen anderer Forscher die Temperaturerhöhung kennen gelernt hatte, welche bei der Zusammendrückung der Luft eintritt, gab ihm die verbesserte Theorie eine Schallgeschwindigkeit von 1025 Par. Fuß; um dieses Ergebniß durch genaue Beobachtungen zu prüfen, wurden

die oben mitgetheilten Messungen angestellt und der Unterschied von 6 Fußen, welcher noch übrig blieb, war klein genug, um ihn auf Rechnung von Beobachtungsfehlern setzen zu können.

Einmal von der Richtigkeit der Theorie überzeugt, konnte man die Schallgeschwindigkeit zu einer genaueren Bestimmung der bei Zusammendrückung der Luft entbundenen Wärme benutzen; und daß Dulong in der That diese Aufgabe für eine Reihe einfacher und zusammengesetzter Luftarten zu lösen vermochte, bleibt für alle Zeiten eines der anziehendsten Beispiele, wie scheinbar einander völlig fremde Naturerscheinungen sich gegenseitig bedingen und erklären können.

Dulong blies die nämliche Pfeife nacheinander mit den verschiedenen Gasarten an, und das Verhältniß zwischen den Schwingungszahlen der verschiedenen Töne, welche die Flötenpfeife unter diesen Umständen gab, war auch dasjenige der Schallgeschwindigkeiten. Die Vergleichung der so gemessenen Geschwindigkeiten mit den nach der Newton'schen Formel berechneten führte zur Kenntniß der bei der Verdichtung entwickelten und bei der Verdünnung gebundenen Wärme. Diese Wärmewirkung ist übrigens in den verschiedenen Gasarten nicht so ungleich, daß nicht im Allgemeinen der Schall in derjenigen Luftart schneller sich fortbewegen sollte, welche bei gleicher elastischer Pressung die geringere Dichte hat. Im Wasserstoffgas, welches beinahe 15mal dünner ist, als die atmosphärische Luft, legt der Schall in einer Secunde einen Weg von 3906 Fuß zurück, seine Geschwindigkeit in dem kohlensauren Gase, welches mehr als anderthalbmal so schwer ist, als die Luft, beträgt nur 862 Fuß.

Große Aehnlichkeit mit den eben beschriebenen Messungen Dulong's hat das Verfahren eines deutschen Physikers, Chladni's, die Geschwindigkeit des Schalles in starren Substanzen zu finden. Er brachte Stäbe aus diesen Körpern von 2 Fuß Länge, durch Reiben der Länge nach, zum Tönen und bestimmte ihre Tonhöhe. Da bei jeder Schwingung die Schallwelle die Länge des Stabes zweimal durcheilt, so findet man die Schallgeschwindigkeit, wenn man die doppelte Stablänge mit der Anzahl der Tonschwingungen in Einer Secunde vervielfacht. Stahl, Glas und Tannenholz leiten

den Schall am Schnellsten, mit etwa 14 bis 15mal größerer Geschwindigkeit, als die Luft. In trockenen Sehnen und im Blei geht der Schall so schnell, als in Wasserstoffgas, also etwa 3,8mal rascher, als in atmosphärischer Luft. Da man bei den starren Körpern Elasticität und Dichte messen und daraus die Schallgeschwindigkeit auf theoretischem Wege ableiten kann, so bietet sich in der Vergleichung mit der unmittelbar gemessenen Schallgeschwindigkeit auch hier eine erwünschte Bestätigung der Theorie. Bei dem Eisen findet man auf beiden Wegen eine etwa 14mal größere Schallgeschwindigkeit, als in der Luft. Ueberraschend ist es, daß die directesten Messungen über die Fortleitung des Schalles im Eisen, wie sie Biot an einer eisernen Röhrenleitung in Paris, Wertheim an dem eisernen Draht der Versailler Telegraphenlinie anstellten, übereinstimmend nur eine etwa 10,5mal größere Geschwindigkeit, als in der Luft, ergeben haben.

Wer während eines Gewitters badete, hat leicht die Erfahrung machen können, daß der Schall auch durch das Wasser fortgepflanzt wird. Wenig Orte möchten zu einer Messung der Schallgeschwindigkeit so geeignet sein, als das fast chemisch reine Wasser des Genfer See's zwischen den am Schweizer und Savoyer Ufer gegenüber liegenden Orten Rolle und Thonon. Dort, wo der See von gleichmäßiger Tiefe und von keiner Strömung durchzogen ist, bestimmten Colladon und Sturm im Jahre 1826 die Geschwindigkeit des Schalles in ganz ähnlicher Weise, wie dieß bei den Messungen in der Luft geschah. Wenn auf der einen Station gleichzeitig mit einem Pulversignal eine Glocke unter Wasser angeschlagen wurde, so fand man am anderen Endpunkt, daß bis zur Ankunft des Schalles 9,4 Secunden verflossen; er hatte in dieser Zeit im Wasser eine Entfernung von 41519 Fuß durchlaufen. Die Geschwindigkeit von 4418 Fuß, welche sich hieraus ergiebt, ist mehr als 4mal so groß, als in der Luft.

Die angeführten Beispiele sprechen deutlich dafür, daß die Geschwindigkeit des Schalles allein von dem Verhältniß der elastischen Kraft und der Dichte der Körper abhängig ist. In einem der schwersten Metalle, dem Blei, im Wasser und in der leichtesten [Lu]ftart, dem Wasserstoffgase, bewegt sich der Schall mit fast gleicher

Geschwindigkeit; etwa 4mal schneller ist seine Bewegung in dem leichten und elastischen Tannenholze.

Ein artiger Versuch Wheatstone's beweist, daß Schallwellen mit ungestörter Regelmäßigkeit durch einen dünnen Draht fortgeleitet werden können. Man befestigt an dem Resonanzboden eines Pianoforte's, welches im dritten Geschoß eines Hauses aufgestellt sein mag, einen Eisendraht und leitet denselben herab zum Erdgeschoß, wohin, wie wir annehmen, die Töne des Pianoforte's auf dem gewöhnlichen Wege nicht dringen. Sobald man aber das Ende des Leitungsdrahtes mit einer Tischplatte in Berührung bringt, vernimmt man deutlich die auf dem Pianoforte gespielte Melodie.

Die tägliche Wahrnehmung bei musikalischen Productionen lehrt uns, daß starke und schwache, hohe und tiefe Töne mit gleicher Geschwindigkeit fortgepflanzt werden, da außerdem das accuratest ausgeführte Musikstück in einiger Entfernung als ein gräuliches Tongewirre erscheinen müßte. Die äußerst kleinen Unterschiede, welche die Theorie noch anzeigt, bleiben gänzlich ohne Einfluß auf die Entfernungen, auf welche man musikalische Aufführungen zu hören gewohnt ist.

Wenn aber die Geschwindigkeit der Fortpflanzung für hohe und tiefe Töne gleich ist, muß ihre Wellenlänge eine verschiedene sein. Sie ist nichts anderes, als die Entfernung, auf welche die Bewegung während einer vollen Schwingung des tönenden Körpers sich fortpflanzt, also offenbar kleiner für hohe, als für tiefe Töne. Der tiefste, noch wahrnehmbare Ton von 8 Schwingungen in der Secunde wird in der Luft durch Wellen von $\frac{1024}{8} = 128$ Par. Fuß Länge, der höchste von 36500 Schwingungen durch Wellen von $\frac{1024 \,.\, 12 \,.\, 12}{36500} = 4$ Par. Linien fortgetragen. Dem Bereich der Musik gehören vorzugsweise die Töne zwischen 16 und 4096 Schwingungen an; die Länge ihrer Luftwellen liegt zwischen den Grenzen von 64 Fußen und 3 Zollen. Im Stahle oder im Tannenholze, in welchen der Schall sich 15mal schneller bewegt, als in

der Luft, fallen die Wellen der nämlichen Töne zwischen die Grenzen von 960 und 3¾ Fußen.

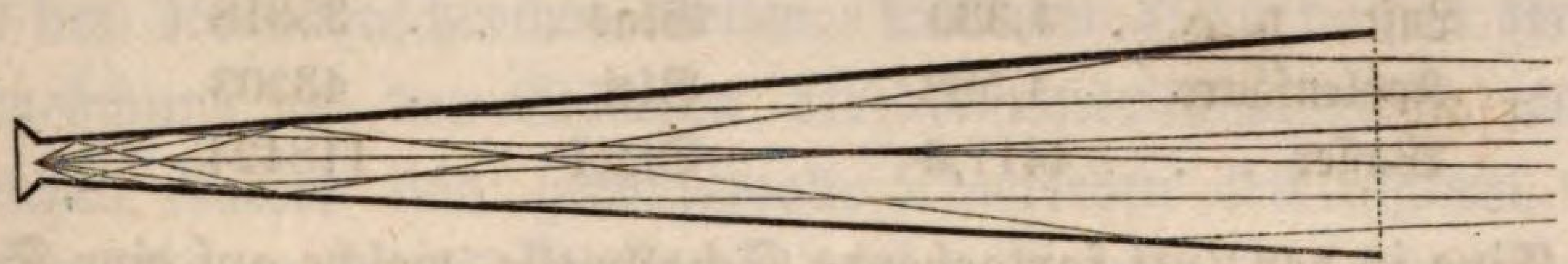
Eine Welle breitet sich vom Schallmittelpunkt, so lange sich ihr kein Hinderniß entgegenstellt, in Gestalt einer Kugelschale aus, deren Dicke unverändert bleibt, während ihr innerer Halbmesser stetig zunimmt. Die durch die ursprüngliche Schwingung mitgetheilte Bewegung überträgt sich somit auf immer größere Luftmassen; in der doppelten Entfernung vom schallenden Körper auf die vierfache, in der dreifachen Entfernung auf die neunfache Masse. In gleichem Verhältniß muß die Schwingungsgeschwindigkeit der Luftmasse und der Grad ihrer Verdichtung in der einen, ihrer Verdünnung in der andern Wellenhälfte, mithin die Stärke des Schalles selbst abnehmen. In diesem Gesetz einer raschen Abnahme liegt der Grund, warum jede Instrumentalmusik aus größerer Entfernung reiner erklingt, als in unmittelbarer Nähe. Die unzähligen zischenden, schnarrenden, rasselnden und kratzenden Geräusche, welche neben den eigentlich musikalischen Tönen aus einem Orchester auftauchen, sind Ursache eben so vieler Lufterschütterungen, welche, wie die krausen Wellchen einer Wasseroberfläche, die ebenmäßige Beschaffenheit der Hauptwellen stören. In einiger Entfernung aber ist die Kraft dieser kleinen Wellen zum Unhörbaren herabgesunken und nur der ungetrübte Eindruck der reinen musikalischen Töne ist zurückgeblieben.

Man muß annehmen, daß erst in größerer Entfernung von der Erregungsstelle des Schalles die Wellen eine auf ihrer ganzen Oberfläche gleiche Intensität haben, daß dagegen in der Nähe des tönenden Körpers die unmittelbar in der Richtung seiner Schwingungen fortgestoßenen Lufttheilchen den Schall mit größerer Stärke fortpflanzen. Es kann zwar dieß nicht als vollständiger Beweis gelten, daß die menschliche Stimme bei gemäßigter Stärke im Freien etwa auf 100 Fuß in der Richtung des Sprechens, nur 75 Fuß nach der Seite und nur 30 Fuß weit hinter dem Sprechenden vernommen wird, da der Körper selbst der Verbreitung des Schalles Hindernisse in den Weg stellt; aber daß man die Tragweite der Stimme, welche bei großer Anstrengung sich etwa auf den sechzehnten Theil einer Wegstunde erstreckt, durch den Gebrauch

eines konischen Rohrs, des Sprachrohrs, bis auf anderthalb Stunden erweitern kann, läßt wohl keine andere Auslegung zu. Es war schon den Akustikern im Beginne des 17. Jahrhunderts, Mersenne und Gassendi, bekannt, daß Schallstrahlen an einer Fläche, auf welche sie treffen, nach dem nämlichen Gesetze zurückgeworfen werden, wie eine elastische Kugel an glatter Wand, oder ein Lichtstrahl an einem Spiegel. Der einfallende und der zurückgeworfene Strahl bilden mit der zurückwerfenden Fläche oder auch mit einer zu ihr senkrecht gezogenen Linie gleiche Winkel.

Morland erfand im Jahre 1670 das Sprachrohr und producirte nach der Sitte damaliger Zeit seine Versuche vor dem Könige Karl II. Es sind in der Folge sowohl gelehrte mathematische Untersuchungen, als vielfache practische Versuche über die beste Form eines Sprachrohrs angestellt worden, sie führten indessen zuletzt auf die einfache Gestalt des Kegels zurück. An der beistehenden

Fig. 15.



Figur kann man erkennen, wie die am Mundloche des Sprachrohrs auseinander gehenden Schallstrahlen nach einigen Zurückwerfungen mehr und mehr der Axe des Rohres parallel werden; die nämliche Richtung nehmen die Schwingungen der Lufttheilchen an, so daß die am weiten Ende wie aus einem kolossalen Munde heraustretende Schallwelle einen vorzugsweise kräftigen Stoß nach der Richtung des Sprachrohrs auf die umgebende Luft ausübt. Ein cylindrisches Rohr hat nicht die Eigenschaft, die Schwingungen der Lufttheilchen seiner Axe parallel zu machen; es kann darum nur als Leitungsrohr für den Schall dienen, so daß der Mund des Sprechenden an das eine, das Ohr des Hörenden an das andere Ende angelegt ist. Die Schallwelle, welche sich sonst nach allen Richtungen verbreiten würde, wird auf diese Weise wenigstens bis zum Ende des Rohres zusammengehalten.

Wasserwellen, welche, an eine senkrechte Felswand anschlagend, zurückgeworfen werden und dann in gleicher Anordnung, in welcher

sie gekommen waren, den Rückweg antreten, können uns einigermaßen den unsichtbaren Vorgang der Schallreflexion versinnlichen. Da alle Körper mehr oder minder den Schall zu leiten vermögen, so tritt an der Grenzfläche zweier Substanzen immer eine Theilung der Bewegung ein. Die Theorie lehrt, daß eine elastische Welle nur dann vollständig in einen anderen Körper übertritt, wenn das Product aus der Dichte und der Schallgeschwindigkeit für beide aneinander grenzende Substanzen die nämliche Größe hat. Je bedeutender der Unterschied dieser Producte ist, ein desto größerer Theil der Bewegung kehrt als zurückgeworfene Welle an der Grenzfläche um.

Aus den folgenden Zahlen, welche jenes Product für einige Körper ausdrücken, kann man schließen, daß in allen in der Natur vorkommenden Fällen die zurückgeworfene Welle überwiegend stärker ist, als die in das zweite Mittel eindringende.

Wasserstoffgas	0,348	Tannenholz	7243,6
Luft . . .	1,330	Glas . . .	35618
Kohlensäure .	1,588	Blei . . .	43203
Wasser . . .	4417,6	Stahl . .	118424

Eine in der Luft fortgehende Schallwelle, welche auf eine Schichte Wasserstoffgas träfe, würde zwei Drittel ihrer Bewegung in dieses neue Mittel übertragen und nur mit ein Drittel ihrer anfänglichen Stärke zurückkehren. In Wasser dagegen vermag aus der Luft nur ein Tausendtel, in Tannenholz ein noch geringerer, in Stahl nur ein völlig unmerklicher Theil der Bewegung überzugehen. Eine Schallwelle müßte an einer glatten Wasserfläche etwa 570 Zurückwerfungen erfahren, ehe ihre Intensität auf die Hälfte herabgesunken wäre. Diese Verhältnisse ändern sich freilich sehr merklich, wenn die zurückwerfenden Flächen nicht glatt sind. Wie das Licht an einem gut polirten Spiegel in hohem Glanze zurückstrahlt, an einer weißen Papierfläche aber vielfach zerstreut, nur einen matteren Schein wirft, so erleidet auch der Schall an unregelmäßigen Oberflächen erhebliche Schwächung. Daß jedoch die groben Schallwellen in dieser Beziehung mehr vertragen, als die unendlich feineren Undulationen des Lichtes, dürfen wir daraus schließen, daß selbst von der

Grenze eines Hochwaldes der Schall noch in vernehmbarer Stärke zurückgegeben wird.

Treffen die Schallwellen auf Körper von sehr unvollkommener Elasticität, so verlieren sie von ihrer Kraft. Selbst der fortgehende und zurückgeworfene Schall zusammen würden der anfänglichen Stärke nicht mehr gleichkommen. Wände, welche mit Tuch überkleidet, oder mit noch feuchtem Bewurfe versehen sind, schwächen den Schall, eine Verkleidung von trocknem Fichtenholze dagegen nimmt ihm so gut wie Nichts von seiner Stärke.

Wenn an jeder Grenzfläche zweier Schichten von ungleicher Elasticität und Dichte eine theilweise Zurückwerfung des Schalles statthat, so kann man ermessen, warum doppelte Scheidewände, Doppel-Thüren und Fenster, warum Füllungen lose geschichteter Körper so gut wie undurchdringlich für den Schall sind. Es ist eine längst bekannte Erfahrung, daß in windstillen Nächten jeder Schall weiter trägt, als bei Tage. Mit Unrecht hat man dieß der Stille der Nacht zuschreiben wollen. Seitdem Humboldt dieselbe Wahrnehmung in den Wäldern der Aequinoctialgegenden machte, in welchen Nachts das geräuschvolle Thierleben erst beginnt, kann man den Grund der Erscheinung nur noch in der gleichmäßigeren Beschaffenheit der Atmosphäre zur Nachtzeit suchen, da die Luft bei Tage unter dem Einfluß mannichfacher, von der Sonne erregter Strömungen, für den Schall, wenn man so sagen darf, trübe und weniger durchsichtig wird. Nach der von Dr. Reid bei der Ventilation der Londoner Parlamentshäuser gewonnenen Erfahrung machte allein schon der in der Mitte des Saales aufsteigende mächtige Luftstrom, wenn die Heizung im Gange war, die Worte des Redners auf der gegenüberliegenden Seite des Saales unverständlich. Die Aufmerksamkeit der Baumeister der großen, ihrem Zweck so vorzüglich entsprechenden Musikhallen zu Boston und Liverpool ging selbst so weit, die Beleuchtung weit in die Höhe, 50 Fuß über den Boden, zu verlegen, damit die Verbrennungsgase sofort durch Oeffnungen in der Decke entweichen, ohne die homogene Beschaffenheit der Luft trüben zu können. Bekannt ist der dämpfende Einfluß, welchen Nebel auf musikalische Productionen im Freien üben und wie dagegen der Schall bei sehr reiner Luft oft eine außergewöhn-

liche Tragweite erlangt. Lieutenant Foster vernahm mit Parry auf Fort Bowen bei kaltem Wetter die menschliche Stimme auf 6700 engl. Fuß Entfernung. Diese Tragweite kann sich noch beträchtlich erweitern, wenn über eine ruhige Wasser- oder Eisfläche hinüber gesprochen oder gerufen wird, da zu dem directen Schall dann noch ein akustisches Spiegelbild desselben kommt. Das Lachen der Matrosen auf einem englischen Kriegsschiff zu Spithead wurde eine Stunde weiter in Portsmouth gehört und der Schall des Zapfenstreichs trug vom Edinburger Schloß auf mehr als 4 geographische Meilen Entfernung hin. Nach Dr. Arnott's Erzählung vernahm man auf einem auf der Höhe von San Salvador segelnden Schiffe das Glockengeläute eines Kirchenfestes jener Stadt sogar über 100 engl. Meilen weit. Schon die gleichmäßige Schneedecke im Winter erhält der über sie hingehenden Schallwelle eine größere Stärke, als der rauhe und mit Gewächsen bedeckte Boden.

Die Erkenntniß der Bewegungsgesetze hat die Vorstellung momentaner Wirkungen in der Natur völlig beseitigt. Ein Schlag, welcher eine Kugel plötzlich in Bewegung setzt, ein Knall, welcher unser Ohr, ja selbst der Blitz, welcher unser Auge trifft, haben sämmtlich eine gewisse, wenn auch nach unserer gewöhnlichen Art, zu messen, sehr kurze Zeit hindurch gewirkt; eine wirklich nur momentane Kraft würde keine Spur eines Eindrucks hervorbringen. Wir sehen die fliegende Geschützkugel nicht, weil ihr Bild im Auge den Ort zu rasch wechselt, um vom Nerv aufgenommen werden zu können. Jeder Sinneseindruck aber, einmal zu Stande gekommen, verharrt noch einige Zeit, auch wenn die wirkende Ursache nicht mehr vorhanden ist. Der Feuerkreis, welchen eine bewegte Kohle beschreibt, beweist uns die Dauer des Lichteindrucks; wir können das Zustandekommen des Tones selbst als einen Beweis für die Dauer der Eindrücke auf den Gehörnerv betrachten. Die nacheinander folgenden Wellenstöße würden einzeln empfunden, wenn nicht das Nachgefühl des ersten noch vorhanden wäre, wenn der zweite nachfolgt. Diese Dauer des Sinneseindrucks ist aber auch der Grund, warum man nicht in einer angegebenen Zeit, z. B. in einer Secunde, eine unbegrenzte Zahl discreter Töne vernehmen kann. Wenn nicht mehr als acht isochrone Wellenschläge in einer

Secunde zum Ohr gelangen, so ist es schwierig, sie noch in den Zusammenhang eines Tones zu bringen, die einzelnen Stöße lösen sich in der Empfindung von einander ab; und so hat man auch ermittelt, daß nur acht oder höchstens neun verschiedene Töne in der Secunde zum Ohr dringen dürfen, wenn dieselben noch einzeln nacheinander wahrgenommen werden sollen.

Jedes Wort, welches in einem Zimmer gesprochen, jeden Ton, welcher auf einem musikalischen Instrumente angeschlagen wird, vernimmt der Hörer nicht nur vermöge der Schallwellen, welche auf dem kürzesten Wege von der Schallquelle zum Ohre gelangen, sondern es fügt sich dazu der Eindruck der ein- oder mehrmals von den Wänden zurückgeworfenen Wellen. Gesetzt, die entferntesten Punkte der Decke und der Wände haben einen Abstand von 10 Fuß, so werden die einmal dort zurückgeworfenen Wellen nach $\frac{1}{50}$ Secunde, die zweimal zurückgeworfenen nach $\frac{1}{25}$ Secunde zum Ohre gelangen, sich also mit der Nachwirkung des ersten Eindruckes verstärkend verbinden. — Offenbar gleichen die mannichfach sich kreuzenden Verdichtungs- und Verdünnungswellen in einem solchen Raume sehr bald ihre Wirkung gegenseitig aus, da sonst ein störender Nachhall unter dem Einfluß der immer fortgehenden Reflexionen unvermeidlich wäre. In der That tritt eine solche Wirkung in weiteren Räumen dann auf, wenn die glatten und regelmäßig gebildeten Wände nirgends zu einer Durchbrechung und Zerstreuung der Schallwellen Veranlassung bieten.

Tritt aber eine solche Wand weiter als 56 Fuß zurück, so löst sich der Eindruck der zurückgeworfenen Welle, da er sich um etwa $\frac{1}{9}$ Secunde verspätet, von dem directen Schalle ab, und man hört ein Echo. Bei doppelter Entfernung der Echo gebenden Wand wird man zwei Töne durch den directen Schall unterscheiden können, ehe die zurückgeworfene Schallwelle anlangt, es ist dieß ein zweisylbiges Echo. Auf keine Weise könnte man ein vollkommneres Echo erhalten, als im Mittelpunkte eines vollkommen kugelförmigen Raumes mit glatten Wänden und einem Halbmesser von mindestens 56 Fuß. Die Schallwellen würden nach der Zurückwerfung an der Innenfläche der Kugel sich sämmtlich im Mittelpunkt wieder treffen, um dann aufs Neue nach dem Umfang einer

abermaligen Reflexion entgegenzueilen, und wenn man bedenkt, wie äußerst wenig die Luftwellen bei der Zurückwerfung an starren glatten Wänden an Stärke verlieren, so sieht man ein, daß man vor dem völligen Ersterben des Tones ihn viele hundertmale wiederholt vernehmen müßte. Nirgends wird man die beschriebenen Umstände vereinigt finden; es genügt aber auch, nur zwischen gegenüberliegenden Theilen einer solchen Kugelfläche, ja zwischen gegenüberliegenden ebenen Wänden einen Schall zu erregen, um ein mehrmals wiederholtes Echo zu vernehmen. Die Bergwände bei Wesel am Rhein geben ein 17faches Echo. Bei Verdün stehen zwei Thürme mit gewölbten Hallen durch einen Gang verbunden, welcher 150 Fuß lang durch das Hauptgebäude läuft; hier eilen die Schallwellen, ohne allzusehr geschwächt zu werden, mehrmals von einer Halle zur anderen; jedes in dem Gang gesprochene Wort hört man 12mal wiederholt. Auf der Villa des Marquis von Simonetta bei Mailand kann man zwischen zwei auf 135 Fuß einander gegenüberstehenden Gebäuden den Knall einer Pistole mehr als 50mal wiederholt vernehmen. Bei Rosneath in Schottland, an den Ufern des Clyde, soll ein Echo sein, welches eine gewisse Melodie dreimal wiederholt und zwar jedesmal in einem tieferen Tone, „welches letztere ich jedoch kaum glaublich finde“ setzt Chladni dieser Angabe hinzu. Diese abenteuerliche Nachricht hat jetzt in den Versuchen von Stokes über Veränderung der Brechbarkeit des Lichtes ein merkwürdiges Analogon gefunden.

Die Physiker, welche im Jahre 1822 Beobachtungen über Schallgeschwindigkeit zwischen Montlhéry und Ville-juif anstellten, bemerkten, daß der Knall der Kanonen bei völlig heiterem Himmel einfach und kurz war, daß ihn dagegen ein nachhallendes Rollen begleitete, sobald eine Wolke an den Himmel getreten war. Man darf dieß wohl als einen Beweis ansehen, daß an dem Rollen des Donners das Echo der Wolken den wesentlichsten Antheil hat, wenigstens in ebenem Lande und auf offener See. In Gebirgsthälern wird bekanntlich das Majestätische der Erscheinung durch das Echo der Bergwände noch gehoben.

Reiner und anmuthiger wird man den Klang der Musik nicht vernehmen können, als im Freien, wenn das Luftmeer in geräusch-

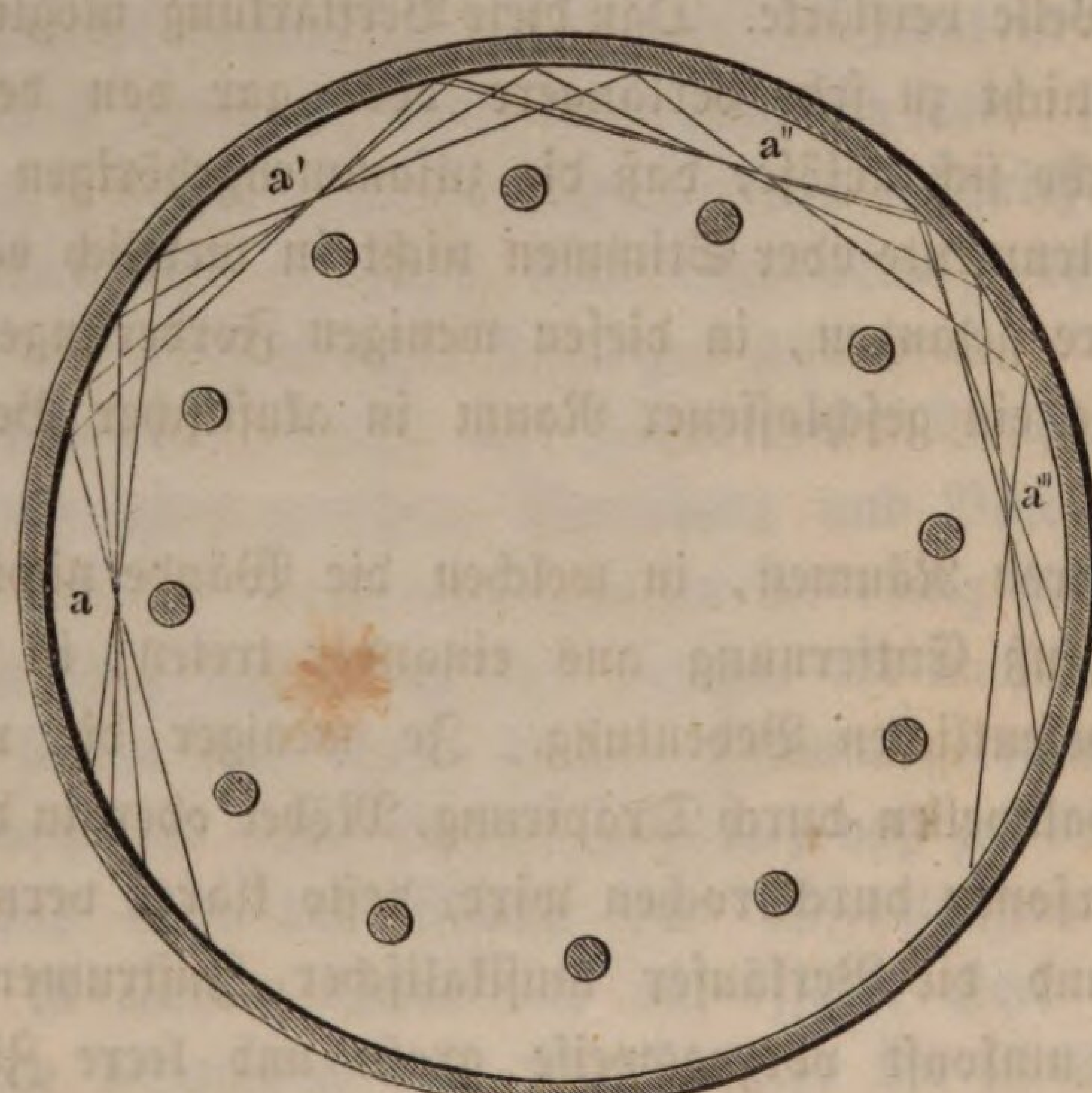
loser Ruhe verharrt und jeder Ton nur in einer einfachen Welle zum Ohre getragen wird. Das ferne Geläute der Glocken am Abend, die schwellenden Töne des Waldhorns oder der vereinte Klang von tausend Stimmen zu einem feierlichen Choral auf einer weiten Ebene oder auf einer frei gelegenen Anhöhe, rühren das Herz allein schon durch die Reinheit des Klanges. Der einfache Reflex an einem weiten Wasserspiegel erhöht die Tragweite der Töne, ohne ihre Reinheit zu trüben. Darum schweben die Klänge eines aus der Gondel tönenden Ave Maria so bezaubernd nach dem Ufer hinüber; der Reiz solcher Töne war für Händel einst das letzte Mittel, um den Unwillen seines königlichen Gebieters zu besänftigen.

Solche Genüsse gehören übrigens in dem europäischen Klima zu den Seltenheiten; haben doch selbst das neue Griechenland und Italien ihre Schauspielhäuser überdeckt. Wo nur wenige Instrumente oder Stimmen, wo die Worte eines Redners einer größeren Menschenmenge vernehmbar werden sollen, wird es nöthig, der Ausbreitung der Schallwellen durch geschlossene Räume Schranken zu ziehen, damit der Nachhall im Ohre des Hörers den Eindruck der directen Welle verstärke. Daß diese Verstärkung möglichst kräftig sei, sich aber nicht zu sehr verlängere oder gar von dem directen Schall als Echo sich ablöse, daß die zusammengehörigen Töne verschiedener Instrumente oder Stimmen nicht in merklich verschiedener Zeit zum Ohre gelangen, in diesen wenigen Forderungen vereinigt sich Alles, was ein geschlossener Raum in akustischer Beziehung zu leisten hat.

Bei kleineren Räumen, in welchen die Wände nicht auf mehr als etwa 45 Fuß Entfernung aus einander treten, ist die Gestalt von keiner wesentlichen Bedeutung. Je weniger die regelmäßige Form der Schallwellen durch Drapirung, Möbel oder in dem Raume befindliche Personen durchbrochen wird, desto klarer vernimmt man jeden Ton, und die Verkäufer musikalischer Instrumente wählen darum nicht umsonst vorzugsweise große und leere Zimmer zur Production ihrer Kunstwerke, da der Klang unter diesen Verhältnissen markiger und glänzender hervortritt.

In Kirchen und Theatern, in Sälen, welche zu Concerten, zu deklamatorischen und Rede-Vorträgen bestimmt sind und zugleich eine größere Menschenmenge fassen sollen, kann es nicht vermieden werden, daß die Schallwellen, an dem Zuhörer vorübergehend, noch einen Weg von mehr als 56 Fuß zurücklegen, bis sie an den Wänden zurückgeworfen werden; hier sind also die Bedingungen eines Echo's vorhanden, wenn nicht dafür gesorgt wird, daß die Stärke der in solcher Entfernung zurückgeworfenen Wellen bis zum Unhörbaren sich mindert. Gerade den entgegengesetzten Effect haben aber hohlrunde Flächen von regelmäßiger Form, Kuppelgewölbe, da sie die Schallwellen, ähnlich wie ein Hohlspiegel das Licht, zu größerer Stärke nach gewissen Punkten hin sammeln. In der Kuppel der Paulskirche in London scheint der Schall gewissermaßen an den Wänden umzulaufen; manche krumm angelegte Gänge führen aus diesem Grunde den Namen einer Flüstergallerie, weil auch ein leise gesprochenes Wort noch weit herumgetragen wird. Die folgende Figur zeigt, daß es an gewissen Punkten, wo die Schallstrahlen zusammenlaufen, vorzugsweise vernehmbar sein muß. Das Pantheon

Fig. 16.



oder die Rotonda in Rom hat ein so auffallendes Echo, daß, wie betrübend es auch zu sagen sein mag, Viele die Predigt mehr jenes

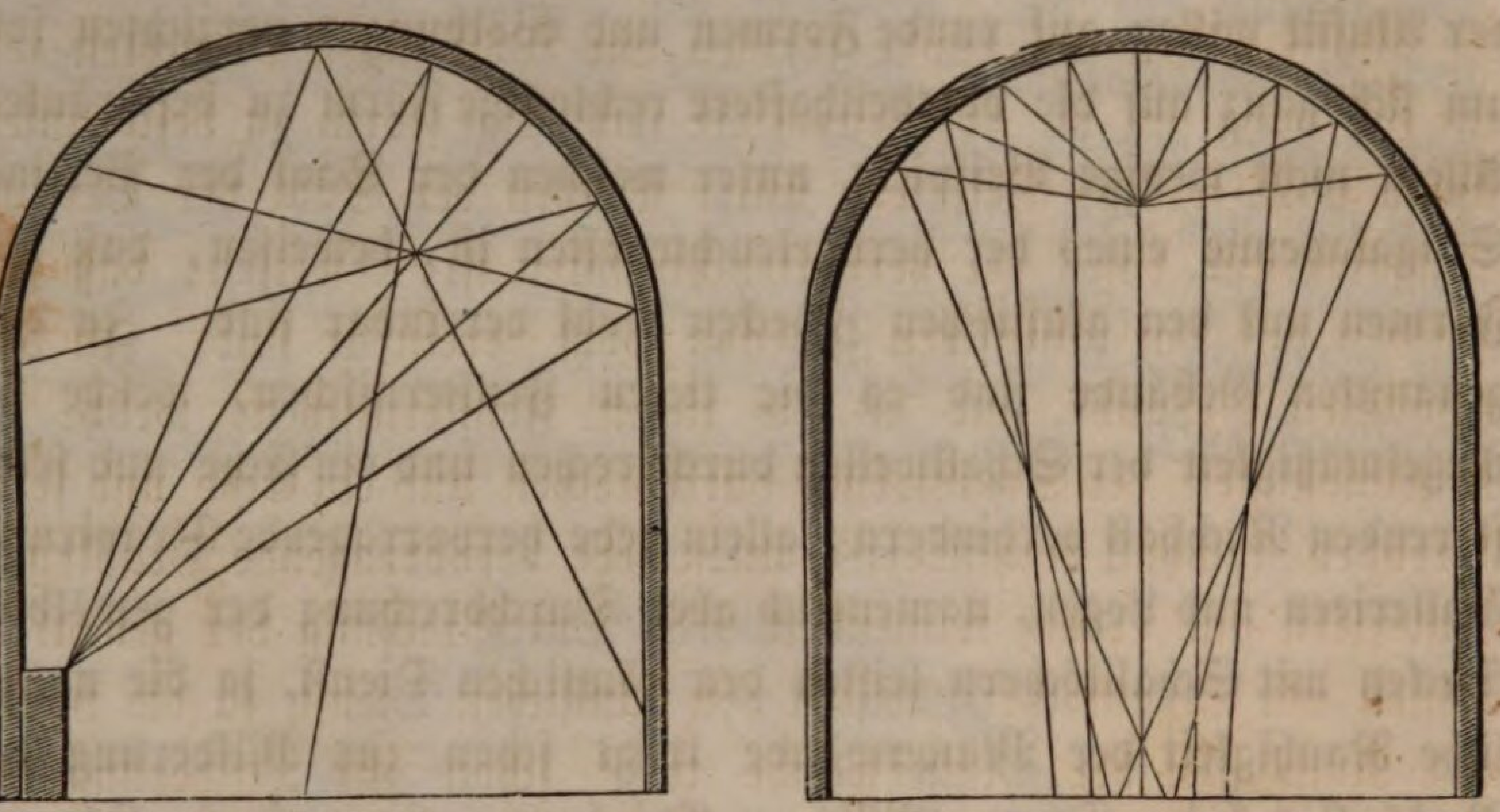
akustischen Phänomens wegen, als um der Ermahnungen des Geistlichen willen besucht haben sollen. Die nach dem Muster der Rotonda erbaute katholische Kirche zu Darmstadt hat den nämlichen Fehler mit übernommen, so daß der fromme Hörer die daselbst ausgesprochenen Wahrheiten zweimal vernimmt. Wären die Cassetten der Kuppel wirklich ausgeführt, anstatt nur gemalt, so würde dieß ohne Zweifel einen großen Theil der mangelhaften Akustik beseitigen. Die Universitätsaula zu München aber soll im Besitz eines fünffachen Echo's sein, eine Wonne für Solche, welche sich selbst gerne reden hören.

Es ist ein Opfer für den ausführenden Künstler, wenn er um der Akustik willen auf runde Formen und Wölbungen verzichten soll, um sich ganz auf die vortheilhaftere rechteckige Form zu beschränken. Allein nicht wenige Beispiele, unter welchen der Saal der Berliner Singakademie eines der hervorleuchtendsten ist, beweisen, daß jene Formen mit den akustischen Zwecken wohl vereinbar sind. In dem genannten Gebäude sind es die tiefen Fensternischen, welche die Regelmäßigkeit der Schallwellen durchbrechen und ein Echo und selbst störenden Nachhall verhindern; allein jede hervorragende Drapirung, Gallerieen nnd Logen, namentlich aber Durchbrechung der gewölbten Decken mit Schalllöchern leisten den nämlichen Dienst, ja die natürliche Rauhigkeit der Mauerwände trägt schon zur Milderung des Nachhalles bei. Canon Mills zu Edinburg, ein ursprünglich zur Gasbereitung bestimmtes Gebäude, diente der ersten Hauptversammlung der freien schottischen Kirche. Das Haus hatte rauhe Mauern und das Gebälke des Daches und die rauhen Schiefer waren sichtbar; die Redner wurden vortrefflich verstanden. Zahlreiche Nachbildungen jenes Gebäudes aber, zu welchen eine natürliche Pietät Veranlassung gab, und welche immer mit glatten Wänden und plattem Plafond versehen wurden, zeigten erhebliche akustische Mängel. Aehnliche Erfahrungen machte man, als ein geläuterter Kunstgeschmack den in der sogenannten Zopfzeit überladenen Baustyl mancher Kirchen zu vereinfachen begann, als man namentlich den Ueberbau über Altären mit allen dazu gehörigen Schnörkeln wegnahm. Ein höchst lästiger Nachhall stellte sich ein. In der St. Paulskirche zu Boston in Nordamerika versteht man nur einmal

im Jahre, am Weihnachtsfeste, den Prediger, weil die Sitte an diesem Tage der Kirche einen Schmuck zu geben erlaubt, welcher den Nachhall bricht und dämpft.

Am Schwierigsten vereinigen sich halbkugelförmige Kuppelgewölbe über hohen Räumen mit den Anforderungen der Akustik. Die erste der folgenden Ansichten zeigt, wie die von einem Punkte ausgehenden Schallstrahlen an einer anderen Stelle nahezu wieder zur Vereinigung kommen und von dort, wie von einer zweiten Schallquelle, weiter gehen. Schon bei mäßiger Höhe des Gebäudes hört man ein deutliches Echo. Nur Einen Punkt giebt es, und

Fig. 17.

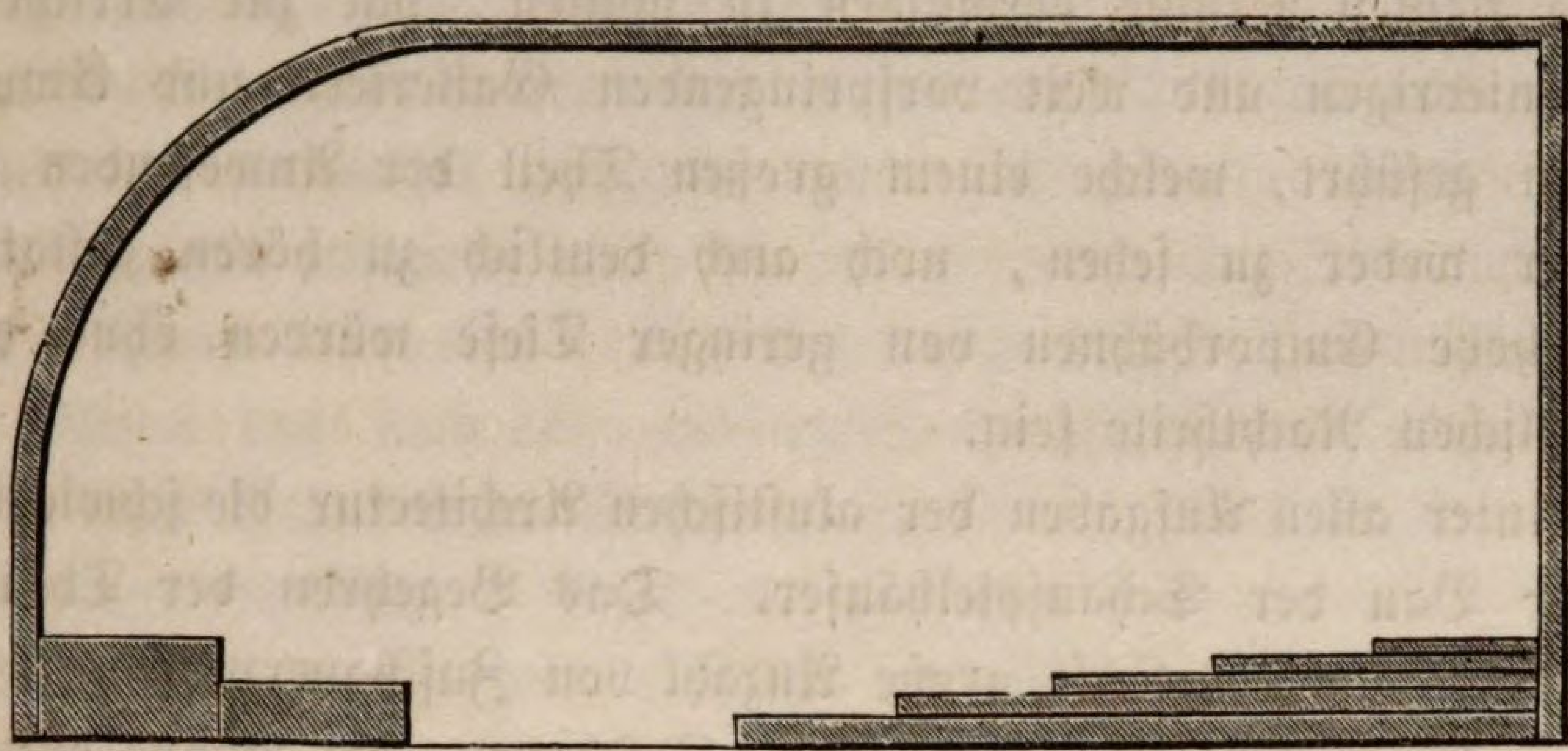


zwar in der halben Höhe zwischen dem Mittelpunkt der Kugel und ihrem Scheitel, von welchem aus die Worte eines Redners, die Stimme eines Orchesters oder Chores, deutlich und ungetrübt hinab zum Boden des Gebäudes gelangen. Die zweite der obigen Ansichten zeigt, wie die von jenem Punkte ausgegangenen Schallstrahlen, nachdem sie an der Kuppel zurückgeworfen wurden, sämmtlich beinahe senkrecht zur Erde herabfließen. Ein Orchester, durch eine Wolkendecoration dort verborgen, oder eine Rede von jenem Punkte aus würde eine vortreffliche Wirkung haben.

Am Ende eines Saales, welcher zu künstlerischen Productionen oder öffentlichen Reden dienen sollte, würde die Hälfte eines Kuppelgewölbes mit etwas nach abwärts geneigter Axe von sehr vortheilhaftem akustischem Effecte sein. Der Künstler müßte seine

Stelle gerade in der Mitte zwischen der Fläche des Gewölbes und seinem Mittelpunkt finden. Die von diesem Punkt ausgehenden

Fig. 18.



Schallstrahlen würden nach dem Zuhörerraum herabgeworfen; da sie keinen viel weiteren Weg, als die directen Strahlen zurücklegen, würde ein Echo oder lästiger Nachhall nicht zu fürchten sein. Uebrigens ist bei Räumen, welche zu öffentlichen Reden und Declamatorien bestimmt sind, jede Verstärkung auf Kosten der Deutlichkeit, der klanglosen Consonanten wegen, weit verderblicher, als bei Sälen, welche ausschließlich zu musikalischer Production bestimmt sind. In akustischer Beziehung empfiehlt sich ein von dem Orte des Redners nach dem Zuhörerraum sprachrohrartig sich erweiternder Saal; allein sowohl das Bedürfniß der Raumersparung, als die Ansprüche der ästhetischen Schönheit lassen unter gewöhnlichen Umständen eine solche Bauart nicht zu. Weit häufiger wählt man die halbrunde Form, die Rednerbühne an der Mitte der geraden Wand, die Sitze der Zuhörer in Halbkreisen amphitheatralisch aufsteigend, die Decke eben oder doch nur flach gewölbt.

Die alten Kathedralen gothischen Styls zeichnen sich durch die herrliche Wirkung aus, welche ihre Bauart der Kirchenmusik verleiht. Die imposante Größe der Räume, die rechteckige Form, die gebrochene Linie der Gewölbe, die Durchbrechung der größeren Wände mit vielgestaltigen Pfeilern, der Decken mit großen Schalllöchern, sind eben so viele Ursachen einer guten akustischen Wirkung. Auch die Redner werden in diesen Kirchen gut verstanden, da die Zuhörer sich in einem der größeren freien Räume dicht um den-

selben zu schaaren vermögen. In den neueren kleineren protestantischen Kirchen ist zwar die rechteckige Form meist beibehalten worden, allein die Nothwendigkeit, viele Zuhörer in einem verhältnißmäßig kleinen Raume vereinigen zu müssen, hat zur Errichtung jener niedrigen und weit vorspringenden Gallerieen und Emporbühnen geführt, welche einem großen Theil der Anwesenden den Redner weder zu sehen, noch auch deutlich zu hören gestatten. Nur hohe Emporbühnen von geringer Tiefe würden ohne diese wesentlichen Nachtheile sein.

Unter allen Aufgaben der akustischen Architectur die schwierigste ist der Bau der Schauspielhäuser. Das Begehren der Theaterdirection, eine möglichst große Anzahl von Zuschauerplätzen zu erhalten, der verzeihliche Wunsch der Zuschauer, die Bühne einigermaßen übersehen zu können, die Schauspieler zu verstehen und die aus dem weitschichtigen Orchester hervorbrausende Musik nicht vorzugsweise in einzelnen Instrumenten, sondern als Ganzes in präcisem Zusammenklang zu vernehmen, die Klage der Künstler, welche vergeblich Lunge und Kehle daran setzen, um gehört und verstanden zu werden, die Wünsche, welche in dem Ovid'schen

spectatum veniunt, veniunt spectentur ut ipsae

ihre Erklärung finden und andererseits wieder das Verlangen, in der Loge eine Art häuslicher Zurückgezogenheit pflegen zu können, — stehen sich vielfach feindlich gegenüber und man kann den Künstlern Bewunderung nicht versagen, welchen es gelungen ist, allen diesen disparaten Anforderungen gleichzeitig in gewissem Grade zu genügen.

Die Form der Schauspielhäuser im Ganzen dürfte keinen großen Aenderungen mehr unterworfen sein, da auch die offenbaren Mängel, wohin namentlich der tiefe Platz des Orchesters zu rechnen ist, auf einer eisernen Nothwendigkeit beruhen. Vortheilhaft wird es sein, die Bühne auf den Seiten möglichst verschlossen zu halten, damit nicht ein größerer Theil der Schallwellen, durch die Lücken entweichend, dem Zuschauerraum verloren gehe. Ganz besonders aber sind die schief gestellten Wände des Prosceniums, in welchem sich die Bühne nach dem Zuschauerraum erweitert, bestimmt, den Schall zu verstärken, sie werden aber dieser Bestimmung großentheils entzogen, wenn sie zu kurz, mit Säulen unnöthigerweise

verziert, oder gar mit Logen durchbrochen werden. Die Proscenuiumslogen machen die größte akustische Sünde der modernen Theater aus, und wenn außerdem noch die Wände des Zuschauerraumes bis in die Nähe der Bühne hin mit tiefen, von hohen Seitenwänden eingeschlossenen Logen bedeckt sind, in welchen die Schallwellen wie in Fallen gefangen und erstickt werden, dann kann es nicht Wunder nehmen, wenn Vorschläge auftauchen, wie derjenige, dessen Autor Chladni's Akustik verewigt hat, — durch einen von der Bühne aus nach den Zuschauern hin geleiteten kräftigen Luftstrom dem Schall mehr Stärke zu verleihen. Nothwendig wird in dem gequälten Künstler Sehnsucht nach dem Costüm der griechischen Schauspieler rege, deren Stimme vermöge des sprachrohrartigen Ansatzes ihrer Masken „des Hörers Mark verzehrend“ auch zu den höchsten Stufen der amphitheatralischen Riesengebäude drang.

---

4. Das Pianoforte und die Harfe.

Als Hermes einst an dem Ufer des Nil lustwandelte, welcher nach einer seiner fruchtbringenden Ueberschwemmungen wieder in sein altes Bett zurückgetreten war, stieß er mit dem Fuße gegen die Schale einer Schildkröte. Das Thier selbst war verfault und die Reste der Knochen und Sehnen waren in der Sonne aufgetrocknet; erstaunt lauschte der Gott der erklingenden Sehne, hob die Schale auf und indem er über die Vervollkommnung dieses zufällig entdeckten Instrumentes nachdachte, erfand er die Lyra. Von der Musik des Volkes, bei welchem diese Sage einst Eingang gefunden hatte, ist Nichts auf unsere Tage gekommen, aber auf den Denkmalen der ägyptischen Baukunst, welche mehre Jahrtausende überdauerten, erblicken wir die Bilder prachtvoller Harfen, welche uns einen in jener frühen Zeit schon vervollkommneten Bau der Saiteninstrumente beweisen. Cithern und Harfen erklangen bei dem Tempeldienst der Hebräer. Wie Josephus erzählt, ließ Salomo, als er den Tempel verschwenderisch ausstattete, „der musikalischen Instrumente, welche für den Gesang erfunden sind, und Harfen und Cithern heißen, vierzigtausend verfertigen"; die Hindu's erhielten ihr vorzüglichstes Saiteninstrument, die Vina, in einer vorgeschichtlichen Zeit von Nared, dem Sohne Sereswati's, der Göttin der Sprache und Beredsamkeit. Homer meldet, daß die Sänger der alten Griechen ihre Lieder auf der Lyra und Cither begleiteten; der ganze Orient war reich an den Saiteninstrumenten,

welche entweder mit den Fingern gerissen, oder mit Stäbchen geschlagen wurden. Wie die Harfe schon in den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung ihre Wanderung nach Westen bis zu den äußersten Küsten und Inseln nahm, wo sie später in den Händen der Barden zu Ossian's Gesängen erklang und jetzt noch in den Gefilden des grünen Eilands und in den Gebirgen von Wales vernommen wird; so brachten die Mauren die Laute nach dem Abendland, wo sie bald sammt ihren Töchtern, der Theorbe, Mandoline, der Pandore und Guitarre, heimisch wurde.

Die beiden unvollkommensten aller Saiteninstrumente, die Leyer und das Hackbret, sowie das vollkommenste und in unseren Zeiten verbreitetste, das Fortepiano, sind deutsche Erfindungen. Diesen Instrumenten soll unsere nächste Betrachtung vorzugsweise gewidmet sein.

Die Lyra tedesca, einst bei dem Landvolk so beliebt, wird jetzt nur noch selten gehört. Ueber den violaartigen Kasten, an welchen an der Stelle des Griffbretes ein schmaler hohler Raum sich anschließt, sind vier Darmsaiten gespannt. Zwei derselben sind im Einklang gestimmt und behalten ihre Tonhöhe während des Spielens bei, da sie immer nur nach ihrer ganzen Länge schwingen; die beiden anderen geben mit Hülfe eines am hohlen Halse angebrachten Tastenapparates eine diatonische Tonleiter von 10 bis 12 Tönen. Das Anstreichen der Saiten geschieht mittelst eines hölzernen Rades, auf dessen glattem mit Harz bestrichenen Rande die Saiten aufliegen. Das Rad aber wird mittelst einer über das breite Ende des Resonanzkastens hinausragenden Kurbel gedreht. Diese mechanische Spielart, welche nicht den geringsten Ausdruck gestattet, der ärmliche musikalische Umfang, welcher die monotonen Weisen dieses Instrumentes zum Sprichwort machte, lassen uns die Vergessenheit, in welche die Bauernleyer im Laufe des 19. Jahrhunderts gerieth, keineswegs bedauern.

Einfacher im Bau und von etwas größerem musikalischen Werth ist das Hackbret, welches, wenn man nach seinem italienischen Namen, salterio tedesco, schließen darf, aus dem im Alterthume so verbreiteten Psalterium hervorging. Ueber einen rechteckigen Kasten von mehren Fuß Länge und Breite, dessen Deckel aus einer Reso-

nanzplatte besteht, sind Metallsaiten gespannt, welche an Wirbeln gestimmt und mit hölzernen Klöppeln geschlagen werden. Diese Klöppel sind auf einer Seite mit Filz überzogen, um damit das Piano hervorbringen zu können; das Forte aber ist außerordentlich durchdringend, wie sich bei dem kräftigen Anschlag und der Mächtigkeit des Resonanzraumes nicht anders erwarten läßt, und das Instrument konnte darum bei ländlichen Tänzen ein Orchester ersetzen. Das Hackbret umfaßte in früheren Zeiten nur zwei bis drei Octaven, jeder Ton war nur mit Einer Saite (einchörig) bezogen und die Tonleiter war diatonisch. Auf der Höhe seiner Ausbildung aber reichte sein Umfang von C bis c_3, also durch vier Octaven, und der dreichörig durch die chromatische Tonleiter gehende Bezug bestand daher aus 147 Metallsaiten. Wegen seines scharfen Tones ist es immer mehr in Mißkredit und außer Gebrauch gekommen. Schon Ottomarus Luscinius nennt es in seiner 1536 erschienenen Musurgia: instrumentum ignobile propter ingentem strepitum vocum.

Die verschiedenen Töne eines musikalischen Instrumentes mittelst Tasten zum Ansprechen zu bringen, ist ein Mittel, welches zuerst an der Orgel zur Anwendung und zu immer größerer Entwickelung kam, nachdem diese, seit dem siebenten Jahrhundert im Kirchendienste eingeführt, sich bald darauf im Abendlande verbreitete. Den Gesangschülern, deren Ausbildung namentlich seit Gregors I. Zeiten die Kirche so viel Sorgfalt widmete, diente das von den Griechen überkommene Monochord als Hülfsmittel zur Einübung der Kirchentöne, und Guido von Arezzo, dessen größter Ruhmesanspruch sich auf die praktische Einrichtung und Verbreitung des Gesangunterrichts gründet, hat auch den Gebrauch des Monochords zu diesen Zwecken bequemer gemacht. Ein über der Eintheilung verschiebbarer Steg erlaubte rasch von einem Ton zum anderen überzugehen. Die Geschichte aber hat den Namen Dessen nicht aufbewahrt, welcher bald nach Guido der lästigen Verschiebung des Steges mit der Hand überhob, indem er eine Reihe von Tasten auf dem Körper des Monochords anbrachte. Es genügte, sie niederzudrücken, damit am anderen Ende angebrachte Stege oder Tangenten die der Eintheilung der Tonleiter entsprechenden Stücke der

Saite begrenzten. So ergab sich natürlich das Bedürfniß, mehre Saiten neben einander zu spannen, und es entstand im Laufe des 12. oder 13. Jahrhunderts das Clavichord, dessen Name, aus clavis, die Taste, und chorda, die Saite, zusammengesetzt, das Instrument vollständiger bezeichnet, als der später gebräuchliche kürzere Name Clavier. In einem rechteckigen Kasten befand sich links in einer schiefen Linie der Stiftstock, wo die Saiten aus Messingdraht mit Schlingen in Stifte eingehängt waren, rechts der Wirbelstock, an welchem die um Wirbel geschlungenen Saiten gestimmt wurden. Die Tasten drehten sich um Stifte, welche gleich hinter der Claviatur im Wagebalken befestigt waren, und erhielten durch Fischbeinstäbchen, welche am hinteren Ende angebracht, sich in Einschnitten bewegten, eine sichere Führung, um nicht zur Seite wanken zu können. Die richtige Länge der Saiten war durch Stiftchen auf einer gekrümmten Holzleiste, dem Steg, abgegrenzt, gegen welchen sie durch ihre eigne Spannung angedrückt wurden. Der Steg aber war innig verbunden mit einer Fichtenplatte, dem Resonanzboden, welcher unter den Saiten und Tasten durch die ganze Länge und Breite des Instrumentes ausgespannt war. In allem diesem weicht der Bau des Claviers nur wenig ab von der Jedermann bekannten Construction des Pianoforte's. Ganz verschieden von diesem aber war, wie schon oben erwähnt, die Art, wie in jenem älteren Instrumente die Saiten angeschlagen wurden. Auf dem hinteren Ende der Tasten waren Messingplättchen aufgerichtet, welche, wenn die Tasten vorn an der Claviatur niedergedrückt wurden, an die Saiten schlugen und so gleichzeitig die Länge abgrenzten, welche tönen sollte, und sie zum Schwingen brachten. Freilich entstanden auf diese Weise auf jeder Saite zwei schwingende Abtheilungen, allein der Ton des einen, weit kürzeren Stücks gewann keine vernehmbare Stärke, und selbst die längere Abtheilung konnte nur schwach tönen, da der Anschlag in einem Punkt geschah, an welchem sofort alle weitere Bewegung durch das anschlagende Plättchen selbst gehemmt wurde. Die Klangfarbe des Instrumentes gewann dadurch einen zarten, fast schüchternen Character, so daß es sich nur zum Gebrauche in geräuschloser Einsamkeit eignete, aber da auch einen eigenthümlichen Reiz hatte. Koch nennt es „das Labsal des Dulders und des Frohsinns theil-

nehmenden Freunde“ und selbst Beethoven stellt dem Klavier das Zeugniß aus, daß man bei ihm unter allen Tasteninstrumenten den Ton und die Art des Vortrags allein in der Gewalt habe.

Ueber fünfhundert Jahre blieb man dabei, mehre Tasten an die nämliche Saite in verschiedenem Abstande vom Stege anschlagen zu lassen, namentlich wurden die sogenannten chromatischen Töne cis, dis u. s. f. durch Anschlag an die Saiten der nächst tieferen Töne hervorgebracht. Die Geschichte nennt Daniel Faber als den ersten, welcher im Anfange des 18. Jahrhunderts diese Unvollkommenheit entfernte und ein vollkommen bundfreies Clavier baute. Dagegen hatte der Tonreichthum schon seit dem Ende des 15. Jahrhunderts, sowohl nach dem Umfang in Höhe und Tiefe, als der Mannichfaltigkeit innerer musikalischer Eintheilung nach stetig zugenommen. Wirdung sagt (1511), man habe zuvor an den Clavichorden nur die 22 Töne:

G A H c d e f g a b h c_1 d_1 e_1 f_1 g_1 a_1 b_1 h_1 c_2 d_2 e_2

gehabt, also die Guidonische Tonleiter; dann aber habe man noch mehrere Schlüssel (Tasten) für die chromatischen Töne zugefügt, so daß man deren 38, nämlich

F G Gis A B H c cis d dis e f fis g gis a b h c_1 cis_1 d_1 dis_1 e_1 f_1 fis_1 g_1 gis_1 a_1 b_1 h_1 c_2 cis_2 d_2 dis_2 e_2 f_2 fis_2 g_2

anwendete. Auf den von ihm abgebildeten Tasteninstrumenten umfaßt die Claviatur die chromatische Skale von A bis h_2. Offenbar schloß sich dieses Tongebiet ganz an den Umfang der menschlichen Stimme an. Damals kannte man die Emancipation der Instrumentalmusik von dem Gesang noch nicht.

Hundert Jahre später, als Prätorius sein syntagma musicum schrieb, hatte sich dieß geändert. Die Clavichorde umfaßten vier Octaven von C bis c_3, meist in chromatischer Tonfolge. Doch bemerkt Prätorius, daß es niemals gelingen könne, auf den Clavichorden und Orgeln das chromatische Geschlecht über allen Tönen so rein darzustellen, wie bei den Violen und Lauten, da den Saiten und Pfeifen in jenen Instrumenten weder zugegeben noch genommen werden könne. Er sah zu Prag ein in Wien gebautes Clavier, welches die Töne in enharmonischer Folge, cis und des, dis und es rc. jeden gesondert angab und somit in den vier Octaven nicht

49, sondern 77 Tasten hatte. Bundfrei scheint aber auch dieses Instrument nicht gewesen zu sein. Der thätige Clavierbauer Silbermann in Straßburg gab zu Anfang des 18. Jahrhunderts seinen Clavieren noch keinen größeren Umfang, als jene 4 Octaven von C bis c_3, und erst später erweiterte man denselben bis C_{-1} nach der Tiefe, bis a_3 nach der Höhe.

Schon im Beginne des 16. Jahrhunderts hatte sich indessen das Bedürfniß nach einem Tasteninstrument von kräftigerem Tone, als „das Labsal des Dulders und des Frohsinns theilnehmender Freund“ ihn geben konnte, geltend gemacht, und hatte die Erfindung des Clavicymbels hervorgerufen, dessen Name an das Hackbret (cymbalum) erinnert. Die liegende Form desselben nennen Wirdung und Prätorius auch „Virginal“, die aufrechtstehende „Clavicytherium“. Im 18. Jahrhundert wurde der Name „Flügel“ gebräuchlicher. Das Instrument verdankt denselben seiner Form, welche sich natürlich ergab, indem man die Saiten der tieferen Töne auf die für einen kräftigeren Ton erforderliche Länge brachte.

Aber auch die Dicke der Saite hebt die Fülle und Kraft des Tones, und da man dickere Saiten für gleiche Tonhöhe stärker spannen muß, so wählte man anstatt Messing den festeren Stahl. Aber mehr noch, als durch die genannten Umstände, mehr noch, als durch den größeren Resonanzboden und den größeren Resonanz gebenden Luftraum, wurde die Tonstärke des Flügels im Vergleich zu der des Claviers gehoben durch die besondere Art des Anschlags. Die der ganzen Länge des Flügels entlang laufenden Saiten wurden durch Stückchen Rabenkiele gerissen, welche auf dem hinteren Ende der Tasten angebracht waren. Der Ton des Clavicymbels hat sich übrigens niemals die Anerkennung der Musiker erworben, wie derjenige des sanfteren Clavichords. Mattheson sagt: „Will Einer eine delicate Faust und reine Mannier hören, der führe seinen Candidaten zu einem saubern Clavicordio, denn auf den großeu mit 3 bis 4 Zügen und Registern versehenen Clavicymbeln werden dem Gehör viele brouillerieen echappiren und man wird schwerlich die Mannier mit distinction vernehmen können.“ Es gewährt jetzt kein besonderes Interesse mehr, alle die Zusätze und Veränderungen kennen zu lernen, welche dem Flügel im Laufe des 18. Jahrhunderts

gegeben wurden und welche zum großen Theil mehr in einer Geschichte des Abfalls vom reinen Kunstgeschmack eine Stelle finden müßten. Flöten-, Trompeten- und Paukenregister, Vorrichtungen für Verstärkung und Schwächung des Tones, das Anbringen mehrer Claviaturen, endlich Abänderung des Flügelformats in Tafelform und aufrecht stehende Gestalten wurden von den Erfindern vielfach als Ansprüche auf Unsterblichkeit betrachtet. Das Instrument des Pastor Diwiß (1730) hatte 790 Saiten, ließ 130 Veränderungen zu und erlaubte zudem noch, dem Spieler nach Belieben einen elektrischen Schlag zu ertheilen. Mehr Gewicht kann man darauf legen, daß die Rabenkiele, welche sehr vergänglicher Natur waren, 1740 von Wiklef durch Messingfedern und 1768 durch Paschal Taskin in Paris durch Stückchen Ochsenhaut ersetzt wurden. Das clavecin à peau de buffle des letzteren erndtete großen Ruhm und fand vielfache Nachahmung. Die drei Claviaturen, zwei mit Rabenkielen, eine mit Ochsenhaut, sollen eine wunderbar reizende Abwechslung des Vortrags gestattet haben. Der Canonicus Trouflaut schrieb darüber im Jahre 1773: „la magie des sons qu'il fait entendre captive l'attention de l'auditeur, intéresse son coeur, l'enchante, le ravit; j'ose ajouter avec confiance, que le Claveçin à buffles est très supérieur au Pianoforte."

Daß man auf den Gedanken kommen konnte, den Anschlag der Saiten mittelst Tasten, durch dessen Anwendung aus dem Monochord allmälig das Clavichord geworden war, mit dem Anschlag durch Hämmer, welcher längst an dem Hackbret gebräuchlich war, zu verbinden, lag wohl im natürlichen Entwicklungsgang des Instrumentenbaues. Weniger hätte man erwarten dürfen, daß die erste Mechanik der Art, welche der Paduaner Bartolomeo Cristofali im Jahre 1711 erfann*), schon alle wesentlichen Theile der heutigen Pianofortemechanik, den Hammer von der Taste gesondert, die Auslösung, den Fänger und den für jede Taste

*) Giornale dei letterati d'Italia, Tom. V, 144. Venezia, 1711. Vergl. Schafhäutl's Bericht über die musikalischen Instrumente auf der Münchener Industrieausstellung im Herbst 1854, S. 81.

abgesonderten Dämpfer enthielt, mithin weit vollkommener war, als die Mechanik, zu welcher Gr. G. Schröter in Nordhausen 1717 den ersten Gedanken faßte, und welche er 1721 in zwei Modellen dem Dresdener Hofe vorlegte. Practisch wurde indessen, da Schröter die Mittel fehlten, der Bau des Hammerclaviers, in Deutschland wenigstens, erst durch Gottfried Silbermann in Freiberg, welcher im Jahre 1726 das erste Instrument vollendete. Aus Deutschland drang die Erfindung ums Jahr 1760 zunächst nach London und um die Zeit, zu welcher der Canonicus Trouflaut schrieb, bezog man in Paris einzelne Instrumente aus England.*) Was man auch damals gegen das allzu Künstliche in der Zusammensetzung, gegen die Rauhheit der Baßtöne des Pianoforte's sagen mochte, Taskin's Erfindung war die letzte Glorie des Claviers und „das Labsal des Dulders" sowohl, als das bezaubernde claveçin à buffles haben der größeren musikalischen Vollendung des Pianoforte's weichen müssen. Das Wesentliche der neuen Erfindung besteht darin, daß durch den Niederdruck der Tasten Hämmerchen in die Höhe geschnellt werden, welche an die Saiten schlagen und dieselben nach dem Anschlag sofort wieder verlassen; ferner, daß, sobald der Finger die Taste verläßt, dem Fortklingen der Saite durch einen auffallenden Dämpfer ein Ende gemacht wird. Diese Eigenthümlichkeiten des Pianoforte's sind auf die Flügelform und die aufrecht stehenden Instrumente mit den dabei nöthig werdenden Abänderungen übertragen worden; die bis in unsere Tage fortgehenden Vervollkommnungen hatten zum Zweck, einen vollen wohlklingenden und zugleich präcisen Anschlag des Hammers mittelst einer leichtgehenden und doch hinreichend dauerhaften Mechanik zu bewirken, ferner durch größere Dimensionen, zweckmäßige Einfügung des Resonanzbodens und einen starken

*) Der Instrumentenmacher Marius soll nach Fétis und Savart der Pariser Akademie im Jahre 1716 ein Clavier mit Hämmern vorgelegt haben. Allein diese Arbeit scheint ohne weitere Erfolge geblieben zu sein, da selbst in Paris bis zum Jahre 1777 keine Pianoforte's gebaut wurden, dann aber diese Kunst von Deutschen, den Gebrüdern Erhard, daselbst eingeführt wurde.

Saitenüberzug die Tonstärke zu erhöhen und dabei durch die Festigkeit der Materialien und der Construction dem Instrument eine längere Dauer zu sichern. In letzterer Beziehung indessen sind die Erfolge bis jetzt nur gering zu nennen. Welcher Unterschied der Lebensfähigkeit zwischen einer Violine, welche nach zweihundertjährigem Gebrauche noch mit frischer jugendlicher Stimme tönt und einem Pianoforte, an welchem sich nicht selten schon zwischen dem 6. und 10. Jahre Spuren des Marasmus zeigen!

Den Bemühungen von Johannes Stein zu Augsburg in der letzten Hälfte des 18. Jahrhunderts und der mit dessen Schwiegersohne, Andreas Streicher, beginnenden Reihe von Wiener Künstlern in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, sind die rasch aufeinander folgenden Vervollkommnungen im Pianofortebau hauptsächlich zu danken. Wenn man indessen das Resultat der Londoner großen Ausstellung, im Jahre 1851, auf welcher 191 Pianoforte's von 106 Künstlern aus fast allen Ländern Europa's und aus Nordamerika um die Palme rangen, als maßgebend betrachten wollte, hätte Deutschland in den letzten zehn Jahren nicht gleichen Schritt mit England und Frankreich gehalten, da Erhard, welcher Ateliers in London und Paris besitzt, die erste Medaille davontrug und nächstdem die Werke der englischen Künstler Collard und Broadwood am Höchsten gestellt wurden. Doch darf man nicht übersehen, daß Deutschland auf jener Ausstellung nur wenig, Wien fast gar nicht vertreten war.

Kein anderes musikalisches Instrument hat je solche Verbreitung gefunden, wie das Pianoforte. Aus Wien gehen jährlich 2600, aus Würtemberg 1000, aus der einzigen Fabrik von Broadwood in London 2300, aus ganz London geht jährlich die zehnfache Zahl von Pianoforte's in allen Gestalten hervor und in alle Welt. Für den, welcher nur die mindeste Einsicht in das Wesen der heutigen Musik hat, liegt der Grund des Vorzugs, welchen man dem Pianoforte einräumt, klar zu Tage. Die Lyra konnte im Alterthum genügen, wo die Instrumentalmusik nur die Begleiterin des Gesangs war und wo man zudem nur eine Begleitung im Einklang oder in der Octave kannte, die Laute, das Rebec und die Viola mochten in der Hand der Troubadours und Minne-

sänger einer ähnlichen Rolle gewachsen sein, aber wie die älteren contrapunctischen Sätze und selbst die meisten Compositionen Bach's aus und an der Orgel, wie die melodiösen Tondichtungen Haydn's und Mozart's vielfach im Geiste des Streichquartetts, so sind die neueren musikalischen Schöpfungen mit ihren wechselvollen Harmonieverbindungen und ihrer umfassenden Instrumentirung am Clavier und Pianoforte entstanden. Auf welchem anderen Instrumente sollte der Componist, dessen Gedankenflug die Orgel nur schwerfälligen Schrittes zu folgen vermag, Tondichtungen so mannichfaltigen Characters und so reicher Ausstattung mit gleicher Annäherung wiedergeben, als auf dem Pianoforte? Gegen solche Vorzüge nimmt man freilich in den Kauf, daß das Piano kein Sing- sondern ein Klinginstrument ist, daß Alles, was den Ausdruck des einzelnen Tones betrifft, ein Anschwellen und Abnehmen, das Getragene im leisesten Hauche, wie im imponirendsten Klange, ja daß selbst das sanfte, schüchterne Erbeben, mit welchem die Harfe zum Herzen spricht, und welches einst dem Clavier seinen Reiz verlieh, auf dem Pianoforte nicht gesucht werden darf.

Das große Interesse, welches dieses Instrument schon seiner allgemeinen Verbreitung wegen in Anspruch nimmt, wird es rechtfertigen, wenn wir nun näher auf die Beschreibung seines inneren Baues eingehen, obwohl derselbe in wissenschaftlicher Beziehung weit weniger begründet und erforscht ist, als derjenige der meisten anderen musikalischen Instrumente. Weder über eine vortheilhafteste Gestalt und Größe des ganzen Instrumentes, noch über die Art, wie für die verschiedenen Tonlagen Länge, Dicke und Spannung der Saiten gegeneinander abzugleichen, und von welcher Größe und Stärke der Resonanzboden zu wählen wäre, sind exacte Bestimmungen gemacht. Wenn man weiß, welchen Einfluß geringfügig erscheinende Nebenumstände — wie z. B. die Stärke und Elasticität der Hammerstiele, der mehr oder weniger elastische Lederüberzug der Hammerköpfe, die Sprunghöhe des Hammers, die Wahl des Ortes, an welchem er die Saite trifft, — auf die Schönheit des Klanges äußern, so wird man um so leichter sich erklären, warum die Wissenschaft das Bereich des Pianofortebaues bis jetzt noch ganz der Empirie und dem feinfühlenden Geschmack des

Künstlers überlassen mußte. Wir fürchten nicht, der wissenschaftlichen Akustik zu nahe zu treten, wenn wir die Grenzen ihrer Leistungen bezeichnen, da Niemand, welcher die Geschichte der Naturforschung kennt, an einer stetigen Erweiterung dieser Grenzen zweifeln wird. Zu welcher Vollkommenheit ist die Messung der Schwingungszahlen gediehen, seit Mersenne im Beginne des 17. Jahrhunderts die Saite und Sauveur hundert Jahre später die Pfeife zu diesem Zwecke anwendete! Dagegen besitzt die Wissenschaft noch kein Mittel zur messenden Vergleichung der Tonstärke, eine Messung des Wohlklangs scheint ins Reich der Phantasieen zu gehören und doch hat man kein Recht, sie für unmöglich zu erklären, wenn man annimmt, daß sich die Wellenformen ermitteln lassen, welche dem Ohre die reinsten und angenehmsten Klänge zuführen.

Den verschiedenen Formen, welche das Fortepiano angenommen hat, insbesondere der Flügel- und Tafelform, haben vorzugsweise die englischen Künstler durch sehr massive Holzverbindungen und zweckmäßige Verspreizung mittelst eiserner Stäbe große Dauer und Festigkeit zu geben gewußt. Ihre Instrumente wurden hierdurch zum Verbringen in ferne Welttheile geeignet und gewannen, da sie einen stärkeren Saitenbezug ertrugen, an welchen sich eine derbere Mechanik anschloß, den Vorzug eines volleren Tones, welcher nur von größeren schwingenden Massen ausgehen kann. Gerade hierin ist der Flügel dem Tafelpiano so weit überlegen, da außer der größeren Länge der Saiten und ihrer vermehrten Zahl, auch der ganze Bau des Flügels geeigneter ist, starker Spannung Widerstand zu leisten. Bei dem Tafelpiano unterbricht die Claviatur den Zusammenhang in unzweckmäßiger Weise. In der Anwendung des Eisens, zu welcher man vor etwa 50 Jahren griff, und womit namentlich die nordamerikanischen Künstler die Einflüsse ihres ungünstigen Klima's zu pariren suchten, scheint man etwas zu weit gegangen zu sein. Sowohl eine vollständige Vergitterung des Holzbaues mit Eisen, als die Einfügung ganzer gußeisener Rahmen schaden dem Tone, welchem sie einen harten, kurz abbrechenden Character verleihen.

Die englischen Künstler haben darum neuerdings die Anwendung des Eisens bedeutend beschränkt und die größere Festigkeit des Ganzen vielmehr dadurch zu erreichen gewußt, daß sie die Richtung der Resultante des Saitenzuges auf einen so unregelmäßigen Körper, wie der Kasten eines flügelförmigen Piano's ist, experimentell ausmittelten; daß sie dann die Widerstandsstreben, welche an das im Andreaskreuz gefügte Hauptgebälke sich anschließen, in jene Richtung legten. — Die Vervollkommnung der aufrecht stehenden Fortepiano's, der sogenannten Pianino's, in welchen die Saiten in einer verticalen Ebene entweder schräg oder senkrecht aufwärts gehen, verdankt man Pariser Ateliers, welche indessen von deutschen Künstlern geleitet sind. Dort hat man diesen Instrumenten neben dem gefälligen Aeußeren eine sehr vollkommene Mechanik und große Klangfülle zu geben verstanden.

Die S a i t e n sind die Tonerreger im Pianoforte. Je mehr Masse man ihnen giebt, desto nachdrücklicher werden sie diesen Dienst verrichten, und der große Umfang der resonanzgebenden Theile erlaubt in dieser Beziehung bei Weitem mehr zu thun, als in irgend einem anderen Saiteninstrument. Der Länge der Saiten zieht die Convenienz Schranken, welche die Größe des ganzen Instrumentes in ein dem Zwecke angemessenes Maß einschließt; selbst in den größten Flügeln geht die Saitenlänge der tiefsten Töne nicht bis zu 6 Pariser Fuß. Auch einer Vermehrung der Dicke sind sehr enge Grenzen gezogen, denn mit der Biegsamkeit scheinen die Saiten an Wohlklang zu verlieren. Das feine Gehör der Künstler hat über die passenden Verhältnisse längst entschieden; die vorzüglichen Gußstahlsaiten, welche aus den Fabriken von W e b s t e r in Manchester und in noch größerer Vollkommenheit aus der von M i l l e r in Wien hervorgehen, sind je nach ihrer Stärke durch Nummern benannt, deren jede einer gewissen Tonlage im Pianoforte den besten Klang giebt. In den höchsten Tönen beträgt die Dicke nicht ganz $\frac{1}{5}$, in den tiefsten nicht ganz $\frac{3}{4}$ einer Pariser Linie und das Verhältniß zur Länge geht von $\frac{1}{70}$ auf etwa $\frac{1}{1200}$ herab. Es leuchtet ein, daß man unter diesen Umständen den Metallsaiten unbedingt Vorzug geben mußte, da diese bei gleicher Länge und Dicke wenigstes viermal mehr Masse als Darmsaiten haben. Allein um die

volle Schallkraft eines so umfangreichen Instrumentes zu wecken, genügt ein einfacher Bezug nicht; jeder Ton des Tafelpiano's ist mit zwei, jeder Ton des Flügels mit drei gleichgestimmten Saiten versehen und nur in den anderthalb tiefsten Octaven, in welchen für die ungehinderte Bewegung so vieler starker Saiten nicht Raum ist, hat man zu einem anderen Mittel greifen müssen, die schallerregende Masse zu vermehren. Die Töne der Tafelpiano's haben in dieser Lage nur je eine, die der Flügel nur zwei Saiten, welche entweder mit feinerem Eisendraht oder für die tiefsten Töne mit dem noch schwereren Kupferspinndraht umwunden sind.

Offenbar wird man in der höchsten Lage, wo die Saiten sich unangenehm verkürzen, desto mehr an Länge gewinnen, je günstiger sich das Verhältniß der Festigkeit der Saiten zu ihrem Gewichte stellt, darum sind hier längst die zarten Messingfäden des Clavichords durch den festeren Stahl ersetzt und in jedem Piano sind die Saiten der höchsten Octaven bis nahe zur äußersten Grenze ihrer Spannung in Anspruch genommen. Hauptsächlich wegen ihrer etwa anderhalbmal größeren Festigkeit haben die deutschen Gußstahlsaiten das englische Fabrikat selbst in den Pianofortefabriken Londons verdrängt. Da für die Baßtöne, deren Saiten verhältnißmäßig zu ihrer Tonhöhe die geringste Länge haben, die Spannung auf das kleinste Maß zurückgeführt ist, mit welchem die Schönheit des Tones noch bestehen kann (etwa $\frac{1}{4}$ der Festigkeit), so behielt man bei ihnen die Messingsaiten noch längere Zeit bei, doch wurden auch sie endlich durch Stahlsaiten ersetzt, welche mit allen anderen Vorzügen noch den vereinigen, sich durch die Wärme nur etwa halb so stark als das Messing auszudehnen. Sie sind darum der Verstimmung durch Temperaturänderungen in geringerem Grade unterworfen. Nur das Platin übertrifft den Stahl noch in dieser Beziehung; allein dieses Metall besitzt nicht ganz die Hälfte der Festigkeit und kann schon seines hohen Preises wegen nicht in Frage kommen.

Die Aufgabe, einen Ton von gewisser Höhe durch eine Saite zu geben, ist an sich eine unbestimmte, insofern man vier verschiedene Factoren, die Länge, die Dicke, die Spannung der Saite und die eigenthümliche Schwere ihrer Substanz zur Verfügung hat.

Allein durch die Bedingungen einer angemessenen Raumbeschränkung und möglichster Tonstärke sowie durch die angeführten Gesetze des Wohlklangs, welche den Aenderungen in der Dicke und Spannung enge Schranken ziehen, ist das Problem für das Pianoforte ein bestimmtes geworden und der Rechnung bleibt allein übrig, den stetigen Uebergang in Länge, Dicke und Spannung der Saiten vom tiefsten zum höchsten Ton durch Einschalten nach dem Gesetz geometrischer Reihen zu vermitteln. Wo man diese Hülfe verschmäht, geben sich nach Beendigung des Baues schroffe Uebergänge in der Klangfarbe kund, welche durch mancherlei Abänderungen in der Garnirung der Hammerköpfe mühsam und unvollkommen ausgeglichen werden. Ohnehin wird die Stetigkeit durch den Uebergang von den übersponnenen zu den freien Saiten, sowie von einer Saitennummer zur anderen, da die Fabriken nicht jede berechnete Dicke liefern, einigermaßen gestört. Läßt man aber die Spannungsgrade stetig verlaufen, so zeigt die Rechnung an, wo es zweckmäßig ist, zu einer anderen Nummer überzugehen und wie man innerhalb des Gebietes jeder Saitennummer die Mensuren zu wählen hat.*) In einem Flügel, welcher sieben Octaven von A_{-2} bis a_4 umfaßt, nimmt die Länge der Saiten von 68 auf etwas weniger als 2 Pariser Zolle ab, ihre Dicke von 0,74 Linien auf 0,3, die Spannung endlich von 90 auf 30 Kilogramme. Rechnet man die Spannung aller 235 Saiten zusammen, so ergibt sich eine Zuglast von etwa 220 Centnern, welcher der Rahmen des Instrumentes einen dauernden unerschütterlichen Widerstand leisten muß. — Bei dem Tafelpiano ist die schwingende Saitenmasse jedes einzelnen Tones etwa $\frac{3}{4}$ von derjenigen des Flügels, die Saitenlängen der tieferen Töne sind geringer, etwa 58,9 Pariser Zoll für F_{-1} und, wenn das Instrument sechs und eine halbe Octave von C_{-1} bis f_4 umfaßt, so beträgt die ganze Spannungslast der 139 Saiten etwa 140 Centner.

Die Hauptklangmasse geht, wie bei allen andern Saiteninstrumenten, so auch bei dem Pianoforte, von dem Resonanzboden aus. Directer kann man den Beweis nicht führen, als dieß von

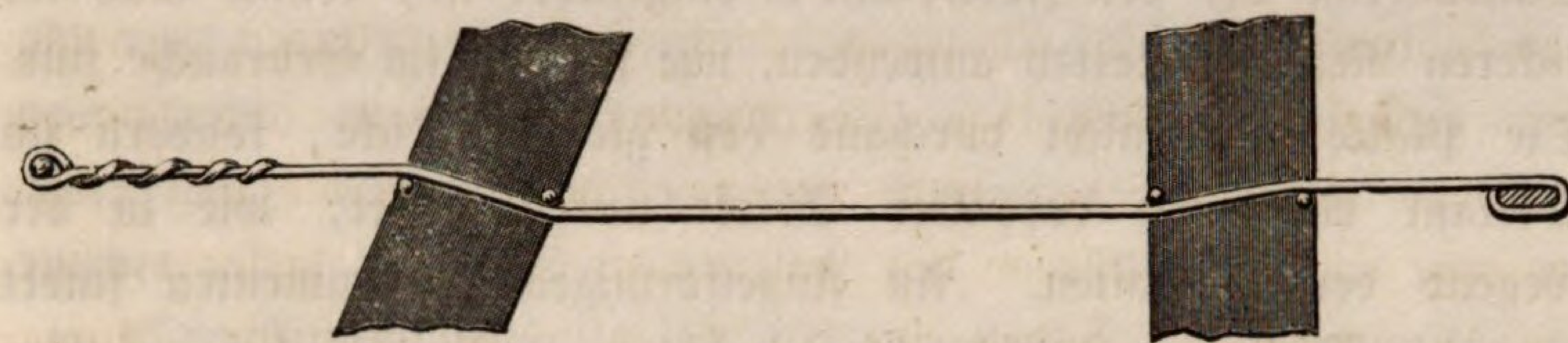
*) Vergl. Kützing's Werk über Fortepianobaukunst, Bern 1844.

Pellisov geschehen ist. Sämmtliche Saiten eines Flügels waren sammt dem Stege aus dem Instrument genommen und untereinander in wagerechter Richtung an einer Zimmerwand ausgespannt. Sie wurden durch eine Tastenmechanik, ähnlich derjenigen an den aufrechtstehenden Pianino's, angeschlagen. Von dem Stege erstreckte sich ein Stab von Fichtenholz durch die Wand in ein benachbartes Zimmer bis zum Resonanzboden des Flügels. Hier prägte sich das Spiel in vollen Tönen aus, während der Spieler selbst die Schwingungen der Saiten nur als ein leises, kaum hörbares Klingen vernahm. Eine möglichst vollständige Uebertragung der Saitenschwingungen auf den Resonanzboden und eine zweckmäßige Verbindung dieses letzteren mit dem Körper des Instrumentes, damit dieser die Resonanz unterstütze, bilden eine der wesentlichsten akustischen Aufgaben des Pianofortebaues.

Die Saiten werden einerseits mittelst angebogener Schlingen in Drahtstifte eingehängt, am anderen Ende um starke Stahlstifte, die sogenannten Stimmnägel gewunden. Diese letzteren sind in einen Stab von festem Holz oder Metall, den Stimmstock, eingeschraubt, durch Drehen derselben mittelst des Stimmschlüssels giebt man der Saite die nöthige Spannung und bringt beim Abstimmen die erforderlichen kleinen Abänderungen der Tonhöhe hervor. An den Flügeln findet man die ganze Reihe der Stimmnägel vorn, gleich nächst der Claviatur. Auch bei den vorderstimmigen Tafelpiano's nehmen sie die nämliche Stellung ein; sie drängen sich indessen wegen des engeren Baues der Claviatur so dicht zusammen, daß der Raum für den Saitenbezug in höchst unvortheilhafter Weise beschränkt wird. Darum verdient die amerikanische Construction, welche den Stimmstock in den hinteren Raum verlegt, so daß die Stimmnägel sich fast längs der ganzen Diagonale des Körpers ausbreiten können, den Vorzug. Noch mehr Raum hat man in neueren Instrumenten dadurch gewonnen, daß man die Saiten der tiefsten Baßtöne schräg über die anderen spannte. Jedoch ist dieser Vortheil durch eine weniger günstige Resonanz der höher gelegten Baßsaiten und einen davon abhängigen jähen Wechsel der Klangfarbe aufgewogen.

Die angegebenen Befestigungsarten grenzen übrigens die Länge der Saiten an beiden Enden keineswegs mit solcher Schärfe und Sicherheit ab, daß für starken und schwachen Anschlag eine gleiche unveränderliche Tonhöhe gesichert wäre. Man läßt darum die Saiten sowohl in der Nähe der Stimmnägel als auch der Anhängstifte noch, wie die Figur zeigt, um feine Stahlstifte biegen, welche

Fig. 19.



eine hinlänglich scharfe Begrenzung der zum Tönen bestimmten Saitenlänge abgeben. Am einen Ende der Saite sind diese Stifte noch im Stimmstock selbst befestigt, am anderen Ende aber in einer gebogenen, innig mit dem Resonanzboden verbundenen Leiste, dem Steg. An dieser Stelle vorzüglich geschieht die Uebertragung der Bewegung von der Saite auf den Resonanzboden, weßhalb die Künstler darauf Bedacht nehmen, der Saite eine feste Auflage auf den Steg zu geben. Es ist jedoch nicht unsere Absicht, die zu diesem Zweck ersonnenen Vorrichtungen, sowie die Einrichtung des mit dem Stimmstock verbundenen metallenen Stegs und Klangstocks, sowie der für die Anhängestifte bestimmten Eisenplatte näher zu beschreiben. Durch Anwendung der letzteren, welche sich in ihrer Ausbiegung dem Stege des Resonanzbodens parallel hält, werden die jenseits dieses Steges gelegenen Saitenstücke, die sonst leicht ein klirrendes Geräusch veranlassen, bedeutend verkürzt und zugleich wird die Festigkeit und Dauer des Instrumentes erhöht.

Der Resonanzboden ist eine Platte von geradefaserigem Fichtenholze. Ob man die Fasern den Saiten parallel oder schräg gegen deren Richtung laufen läßt, ist zwar auf den Klang von keinem wesentlichen Einflusse. Da indessen die Saiten, vermöge der doppelten Schränkung auf dem Steg, Druckkräfte gegen den Resonanzboden äußern, so wird es gerathen sein, die Richtung dieser Kräfte zu studiren und die Fasern des Resonanzbodens, sowie die

rechtwinkelig dazu gelegten Verstärkungsleisten oder Rippen so zu richten, daß jenen Kräften der vollständigste Widerstand geboten ist. — Zwischen der Dicke der Saiten und der Stärke der Resonanzplatten besteht eine gewisse Beziehung, welche nicht ohne Nachtheil für die Kraft und Fülle des Tones unbeachtet gelassen werden darf. Ein schwacher dünner Faden kann einem sehr dicken Resonanzboden keine kräftige Schwingungen einflößen, und erst seitdem ein stärkerer Saitenbezug bei den Fortepiano's eingeführt ist, konnte man die dickeren Resonanzplatten anwenden, wie sie jetzt im Gebrauche sind. Die Platte wird nicht durchaus von gleicher Dicke, sondern im Diskant etwa von doppelter Stärke ausgearbeitet, wie in der Gegend der Baßsaiten. An flügelförmigen Instrumenten findet man die Dicke des Holzes von 4,5 bis zu 2 Linien, bei tafelförmigen Piano's von 3 bis 1,8 Linien abnehmen. Keinesfalls aber darf man annehmen, daß mit jeder Saite etwa nur der zunächst unter ihr liegende Streifen der Resonanzplatte isochrone Schwingungen vollende, im Gegentheil ist die ganze Platte durch die quer gegen die Fasernrichtung laufenden Rippen möglichst innig zu einem Ganzen verbunden, allein die nächste Uebertragung der Schwingung von der Saite zum Boden scheint leichter und vollkommener zu geschehen, wenn die unmittelbar unter der Saite liegenden Theile an sich schon möglichst in Uebereinstimmung mit ihr schwingen.

Wenn bei der gebräuchlichen Mechanik, bei welcher der Hammer von Unten gegen die Saite geschnellt wird, der Anschlag die Mitte der Saite treffen sollte, so müßte die Resonanzplatte in zwei Theile gespalten sein und nur mittelst zweier Stege könnte eine wirksame Bewegung auf diese Theile übertragen werden. Allein auch abgesehen von allen mit einer solchen Anordnung verbundenen Unvollkommenheiten, würde die durchaus angewendete Art des Anschlags, nämlich in $\frac{1}{9}$ bis $\frac{1}{8}$ der Saitenlänge vom einen Ende aus gerechnet, den Vorzug verdienen. Der Schlag des Hammers ertheilt der Saite und somit auch durch den Steg dem Resonanzboden unmittelbar Transversalschwingungen mit, also diejenige Art der Bewegung, welche zur Erregung von Wellen in der Luft erfordert wird; aber die Biegung der Saite wird unsymmetrisch, wenn der Anschlag in der Nähe des einen Endes geschieht, ihre

Schwingungen bestehen in einem Hin- und Hereilen dieser unsymmetrischen Biegung und es sind damit ruckweise Einwirkungen im Sinne der Länge der Saite auf ihre Befestigungspunkte nothwendig verbunden. Die Längenschwingungen, welche dem Resonanzboden hierdurch eingeprägt werden, sind es namentlich, welche die Mittheilung der Bewegung an den ganzen Körper des Instrumentes und damit den runden und vollen Ton vermitteln. Es leuchtet übrigens ein, daß bei dem Fortepiano eine Vorrichtung überflüssig ist, welche ähnliche Functionen, wie der Stimmstock oder die Seele der Violine zu verrichten hätte, da die Schwingungen des Resonanzbodens unmittelbar in dem vortheilhaftesten Sinne erregt werden.

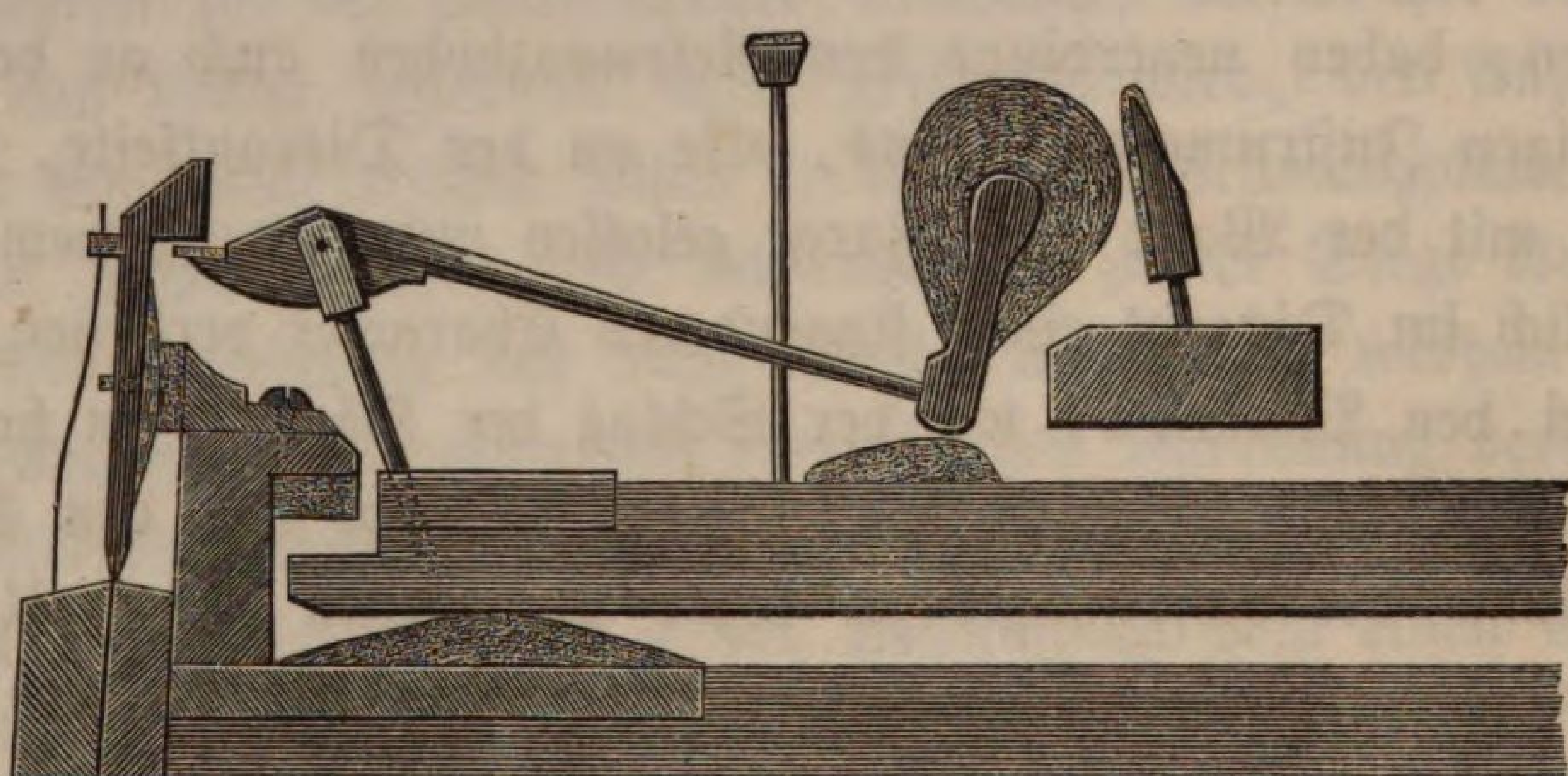
Die Pianoforte's in Flügelform bieten den Vorzug, daß der Resonanzboden nur vorn frei endigt, wo zwischen ihm und dem Stimmstock noch die Hämmer freien Durchgang zum Anschlag von Unten finden müssen, daß er aber an drei Seiten fest mit dem Körper des Instrumentes verbunden ist. Bei den tafelförmigen Piano's, seien diese nun vorderstimmige (deutsche Construction) oder hinterstimmige (amerikanische Construction), findet der Anschlag der Hämmer hinten an der der Claviatur entgegengesetzten Seite statt, bei diesen ist daher eine feste Verbindung des Resonanzbodens nur an den beiden kürzeren Seiten möglich. Die englischen Künstler, welche durch den massiven Bau ihrer Instrumente an Tonstärke genug gewinnen, haben neuerdings den Resonanzboden auch an den flügelförmigen Instrumenten rechts, also an der Discantseite, unverbunden mit der Wand oder Zarge gelassen und dadurch dem Tone namentlich im Discant einen singenderen Character verliehen.

Bei den Pianino's, wo der Schlag der Hämmer in horizontalem Sinne geschieht, und die Mechanik aufrecht vor den Saiten steht, kann der Resonanzboden sogar auf seinem ganzen Umfang mit dem Körper des Instrumentes vereinigt werden, und den nämlichen Vortheil wird man bei einem gewöhnlichen Flügel erreichen, wenn man das ganze Tasten- und Hammerwerk, kurz die sogenannte Mechanik, über die Saiten legt, und den Anschlag von Oben geschehen läßt. Dieß war in der That Schröter's erster Gedanke, sein erstes Modell hatte diese Einrichtung; es ist mit derselben an

sich schon ein nicht unwesentlicher akustischer Vortheil verbunden, indem der Hammerschlag und somit die erste kräftige Bewegung die Saite in der Richtung gegen den Steg und den Resonanzboden zu schnellen, nicht, wie bei dem Anschlag von Unten, von diesem zu entfernen strebt. Um den Grund einzusehen, warum — auch abgesehen von den Schwierigkeiten, welche beim Anschlag von Oben sich dem Stimmen entgegenstellen, Schwierigkeiten, welche übrigens bereits in sinnreicher Weise beseitigt wurden — demungeachtet die andere Art des Anschlags bei Weitem die verbreitetste ist, wird es nöthig, etwas näher auf die Betrachtung der Ansprüche einzugehen, welche an eine gute Mechanik zu stellen sind, sowie der verschiedenen Einrichtungen, mittelst deren man jenen Ansprüchen zu genügen versucht hat. Ein Kenner des Pianoforte's (Schafhäutl) drückt Das, was die Mechanik zu leisten hat, treffend in den Worten aus: „Sie muß sich den Fingern des Spielers bis ins kleinste Detail anschließen und der Spieler muß fühlen, daß die Mechanik dieß thue — denn nur dann wird das Spiel behaglich sicher und giebt die Ideen des Spielers in ihren zartesten Schattirungen wieder.“

Die nachstehende Figur*) giebt ein Bild der Mechanik, welche nach den um die Mitte des 18. Jahrhunderts erfundenen Verbesserungen von Johann Andreas Stein unter dem Namen der deutschen

Fig. 20. Ein Drittel natürl. Größe.



*) Die folgenden Abbildungen der verschiedenen Arten der Claviermechanik sind aus dem Werke: der Flügel, von H. Welcker, 1853, entnommen und nur in kleineres Maß reducirt worden.

Mechanik noch bis in die neueste Zeit in ausgebreiteter Anwendung stand. Man sieht das hintere Ende der Taste, welches sich aufwärts bewegt, wenn der Finger des Spielers das andere an der Claviatur zu Tage kommende Ende niederdrückt. Bei dieser Bewegung stößt der auf der Taste sitzende Hammer mit seinem hinteren Ende gegen ein knieförmig ausgeschnittenes Holzstäbchen, den Auslöser, und dreht sich in Folge dessen um die stählerne Axe, welche in der Hammerkapsel in Pfannen läuft. Der Hammerkopf hebt sich, hat aber, wenn bei ganz sanftem Niederdruck die Taste zur tiefsten Lage gelangt ist, die Saite noch nicht berührt und fällt, da in der bogenförmigen Bahn der Angriff des Hammerstiels sich von dem Auslöser frei gemacht hat, wirkungslos zurück. Einige Schnellkraft gehört daher zum wirklichen Anschlag, aber um so gewisser verläßt auch der Hammerkopf die Saite unmittelbar, nachdem er sie gerührt und läßt dieselbe frei erklingen, so lange die Taste niedergehalten wird. Gerade in dieser Anordnung besteht einer der Hauptvorzüge des Fortepiano's vor dem alten Clavier, in welchem die Messingtangenten an der Saite während ihres Erklingens haften bleiben mußten.

Die Größe des Niederdruckes der Taste wird man nach der Bequemlichkeit des Spieles bemessen; von der Lage des Wagepunktes, d. h. des Drehpunktes der ganzen Taste, hängt die Größe ihres Auf- und Niedergangs am hinteren Ende ab. Rein geometrisch betrachtet kann man über diese Elemente nach Gutdünken verfügen und dabei doch noch den Hammerkopf zu beliebiger Höhe heben, indem diese, je nach dem Verhältniß des hinteren Hebelarmes, welcher gegen die Auslösung stößt, zu der Länge des Hammerstieles sich ändert. Doch leuchtet ein, daß wenn die Auslösung auf einen allzukurzen Hebelarm wirkte, dem Niederdruck der Taste ein sehr fühlbarer Widerstand entgegenstehen, daß ein sehr langer Hebelarm aber einen zu matten Aufgang des Hammers zur Folge haben würde. Die runden Stifte auf der Wageleiste allein genügen zu einer sicheren Führung der Taste nicht, erst dadurch, daß am vorderen Ende jeder Taste ein zweiter Stift in einer entsprechenden Bohrung steht, wird eine Drehung in horizontalem Sinne vermieden.

Der Auslöser der deutschen Mechanik ist mittelst eines Streifens Pergament so in die darunter befindliche Leiste eingefügt, daß er mit Leichtigkeit in schwingende Bewegung versetzt werden kann; eine Feder aus hartem Messingdraht drückt ihn in der Richtung nach dem Hammer gegen eine Widerlage. Allein der Stoß des hinteren Hammerendes selbst entfernt, indem er den Auslöser gegen den Druck der Messingfeder zurückbiegt, das Hinderniß, welches den Hammer zum Steigen brachte; jenes Ende gleitet an der Vorderfläche des Auslösers herab, ohne jedoch, so lange die Taste niedergedrückt bleibt, sich aufs Neue unter dem Winkel des Auslösers zu fangen. Der Finger muß die Taste zuvor verlassen, wenn die Saite aufs Neue angeschlagen werden soll.

Der niederfallende Hammer würde vermöge der Elasticität, welche bei dem Stoß von Holz gegen Holz immer ins Spiel tritt, in eine hüpfende Bewegung gerathen, welche die Präcision eines rasch nachfolgenden zweiten Anschlags gefährden könnte. Dieser Uebelstand wird durch den sogenannten Fänger gehoben, an welchem die vordere Seite des Hammerkopfs in der Nähe der Ruhelage mit einiger Reibung herabgleitet. Wenn die Taste horizontal liegt, berührt der Hammerkopf den Fänger gar nicht, daher derselbe dem Hammer beim Aufgang kein Hinderniß bereitet.

Alle Punkte der Mechanik, an welchen harte Körper sich berühren würden, sind, um jedes Geräusch zu vermeiden, mit weichen Stoffen: Tuch, Leder oder Filz, ausgefüttert und gepolstert. Wenn man erwägt, welche unzählbare Menge nicht gerade immer der zartesten Erschütterungen und Stöße die feinen Theile der Mechanik erleiden, so wird es einleuchtend, daß nur die genaueste Ausführung der einzelnen Stücke, sowie die sorgfältigste Bereitung und Anwendung der Materialien dem Instrumente einige Dauer sichern kann. Eine ganz besondere Aufmerksamkeit verdient der Stoff, welcher zur Garnirung der Hammerköpfe verwendet wird, von ihm wird die Saite unmittelbar getroffen, und es hängt darum nicht nur die Klangfarbe des Tones an sich, sondern auch ihre Dauer von seiner Beschaffenheit ab. Der Wechsel der Materialien und ihre verschiedene Bereitungsweise bilden daher einen wesentlichen Theil der Geschichte des Fortepianobaues. Das Schafleder des Oestreichers

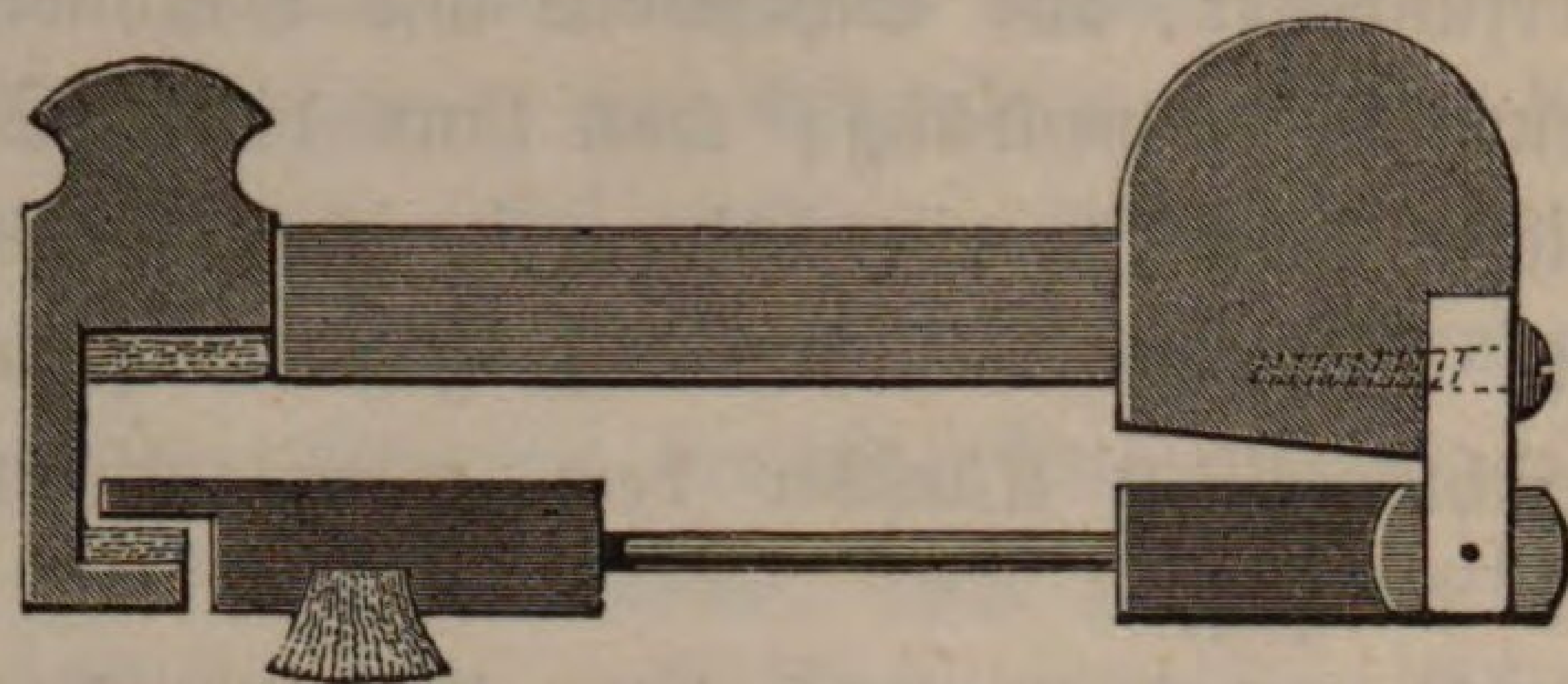
Kaindel, das Hirschleder Trumpfer's in Wien, englischer Baumwollenstoff (Molleton), ein von Pape*) in Paris zubereiteter Filz verdrängten sich der Reihe nach, und nunmehr steht ein in England erfundener, aus Schafwolle und Baumwolle gemischter Filz in allgemeiner Anwendung; man kann diesen Stoff, welcher einzig für diesen Zweck bereitet wird, in jedem neuen Fortepiano kennen lernen. Für den obersten Ueberzug des Hammerkopfs geben die einsichtsvollsten Künstler dem amerikanischen Hirschleder unbedingt den Vorzug.

Der Filz ist dagegen ganz geeignet für einen sehr wesentlichen Theil der Mechanik, dessen wir bis jetzt noch nicht gedacht haben, für die Dämpfung. Der schwache und rasch wegsterbende Ton des Claviers erforderte keine besondere Vorrichtung, um das Nachklingen der angeschlagenen Saiten zu hemmen; bei dem Fortepiano aber, dessen Saiten unter dem Hammerschlag ungleich kräftiger erklingen, kann ein unharmonisches Tongewirre allein dadurch vermieden werden, daß jeder Saite nur so lange zu tönen gestattet ist, als der Finger die Taste niederhält. Cristofali hatte schon bei der ersten Erfindung der Hammermechanik auf eine für jeden Ton gesondert angebrachte Dämpfung Bedacht genommen. Er schob zwischen Taste und Hammer einen zweiarmigen Zwischenhebel ein; der vordere Arm trug eine Stoßzunge und ward beim Niederdruck der Taste gehoben, so daß der Stößer den Hammer in die Höhe schnellte, der zweite hintere Arm senkte sich gleichzeitig und befreite die Saite von der Dämpfung, welche ein mit Fries belegtes Stäbchen bei ruhender Taste bewirkte. Auch Schröter's erstes Modell enthielt eine, wenn auch unvollkommnere Art der Dämpfung. Dennoch enthielten die Silbermann'schen Hammerclaviere anfänglich eine solche Vorrichtung nicht; sie wurde erst, nachdem das neue Instrument einige Jahrzehnte im Gebrauch gestanden hatte, von deutschen und englischen Künstlern wieder eingeführt wurde, etwa so, wie sie in vervollkommneter Form die folgende

*) Auch dieser durch viele Erfindungen im Pianofortebau ausgezeichnete Künstler ist ein Deutscher. Er stammt aus Württemberg und hat sich 1815 in Paris niedergelassen.

Figur darstellt. Mit Ausnahme der zwei höchsten Octaven, deren kurze Saiten ohnehin nicht merklich nachklingen, liegt auf jeder

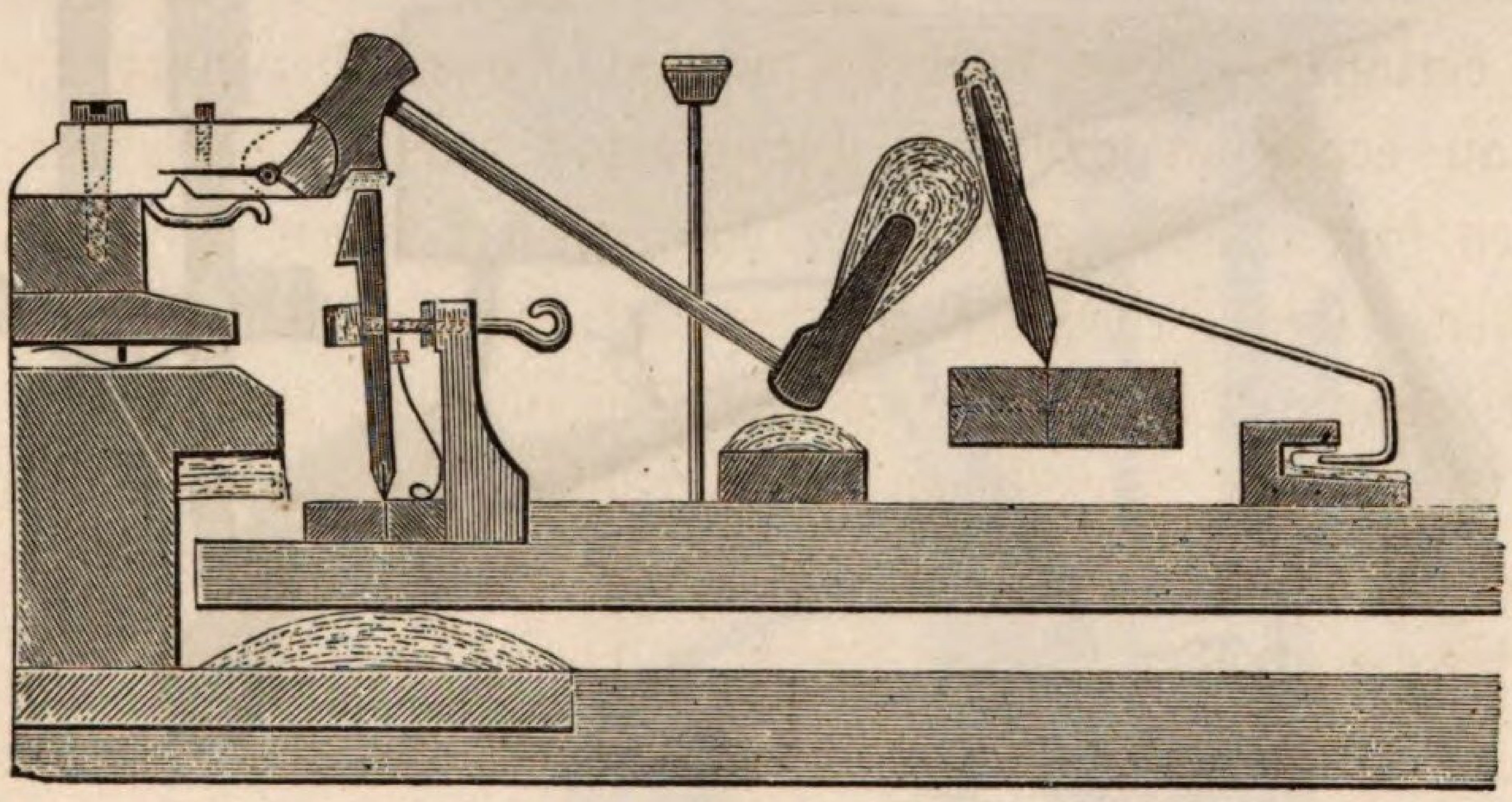
Fig. 21. Halbe nat. Gr.



Saite, oder eigentlich auf jedem einem Tone zugehörigen Saitenchore, ein Polster. Das horizontale Stäbchen, an welchem dieses Polster befestigt ist, wird bei dem Niederdrücken der Taste von dem in der obigen Abbildung der deutschen Mechanik sichtbaren senkrechten Stäbchen gehoben; die Saiten schwingen dann frei, kommen aber augenblicklich zum Schweigen, sobald der Finger die Taste verläßt. — Von allen so mannichfaltigen Veränderungen, die man an der Klangfarbe des Pianoforte's durch den Gebrauch von Pedalen hervorzubringen gesucht hat, ist der Fortezug allein übrig geblieben. Ein Hebelwerk, welches mit dem Fuße angetreten wird, hebt die ganze Dämpfung von den Saiten weg, so daß das Spiel dann durch das Fortklingen einen rauschenden, aber freilich auch weniger reinen und durchsichtigen Character annimmt. Der Pianozug, welcher früher stets mit dem Fortezug gepaart vorkam, schob einen Tuchstreifen zwischen die Saiten und Hammerköpfe, so daß der Anschlag die Saiten nicht mehr unmittelbar traf. Da der Ton bei dieser Einrichtung allen musikalischen Werth verlor, so ist man mit Recht davon abgegangen; ebenso wie ein geläuterter Geschmack viele andere vermeintliche Vervollkommnungen des Pianoforte's, den Fagottzug, welcher durch eine aufgelegte Papierrolle die Saiten schnarren ließ, den Trompetenzug und die Pauke, entfernte. Von Allem, was außer dem Fortezug dem Pedal zugemuthet worden ist, hat die an den Streicher'schen Instrumenten eingeführte Oktavenkoppelung vielleicht die meisten Ansprüche auf Bestand, da sie in der That bei Octavenläufen eine wesentliche Erleichterung des Spieles bewirkt.

Welche Sorgfalt auch bei dem Baue des Tastenwerkes angewendet sein möge, so ist es doch nicht denkbar, daß die Tasten nicht nach längerem Gebrauche kleinen Verschiebungen nach der Seite oder in Richtung ihrer Länge unterworfen sein sollten. An diesen Verrückungen, an allen Unregelmäßigkeiten eines verschieden starken Anschlags, nimmt der Hammer theil, wenn er, wie an der Stein'schen Mechanik, auf der Taste selbst befestigt ist. Darum verdient eine andere Einrichtung den Vorzug, welche, obwohl ursprünglich schon von Cristofali und Silbermann angewendet, doch erst seit 1764 in England vorzugsweise Eingang fand*) und in neuerer Zeit, unter dem Namen der englischen Mechanik von dort zurückkehrend, die unvollkommenere Stein'sche Mechanik allmälig verdrängt. Die folgende Figur stellt diese Einrichtung in der Form dar, wie sie an den mit Recht berühmten Wiener Flügeln von Streicher angewendet wird. Die Hämmer sind getrennt

Fig. 22. Ein Drittel nat. Gr.



von der Taste an einer besonderen Leiste befestigt; ihr Aufgang wird durch Stoßzungen bewirkt, welche auf dem hinteren Ende der Taste angebracht, zugleich die Auslösung verrichten. Die Stoßzunge ist zu diesem Zwecke mit einem Pergamentblättchen in die Taste eingesetzt, sie wird durch eine Drahtfeder gegen ein gepolstertes Holzplättchen gedrückt, welches, seinerseits durch einen horizon-

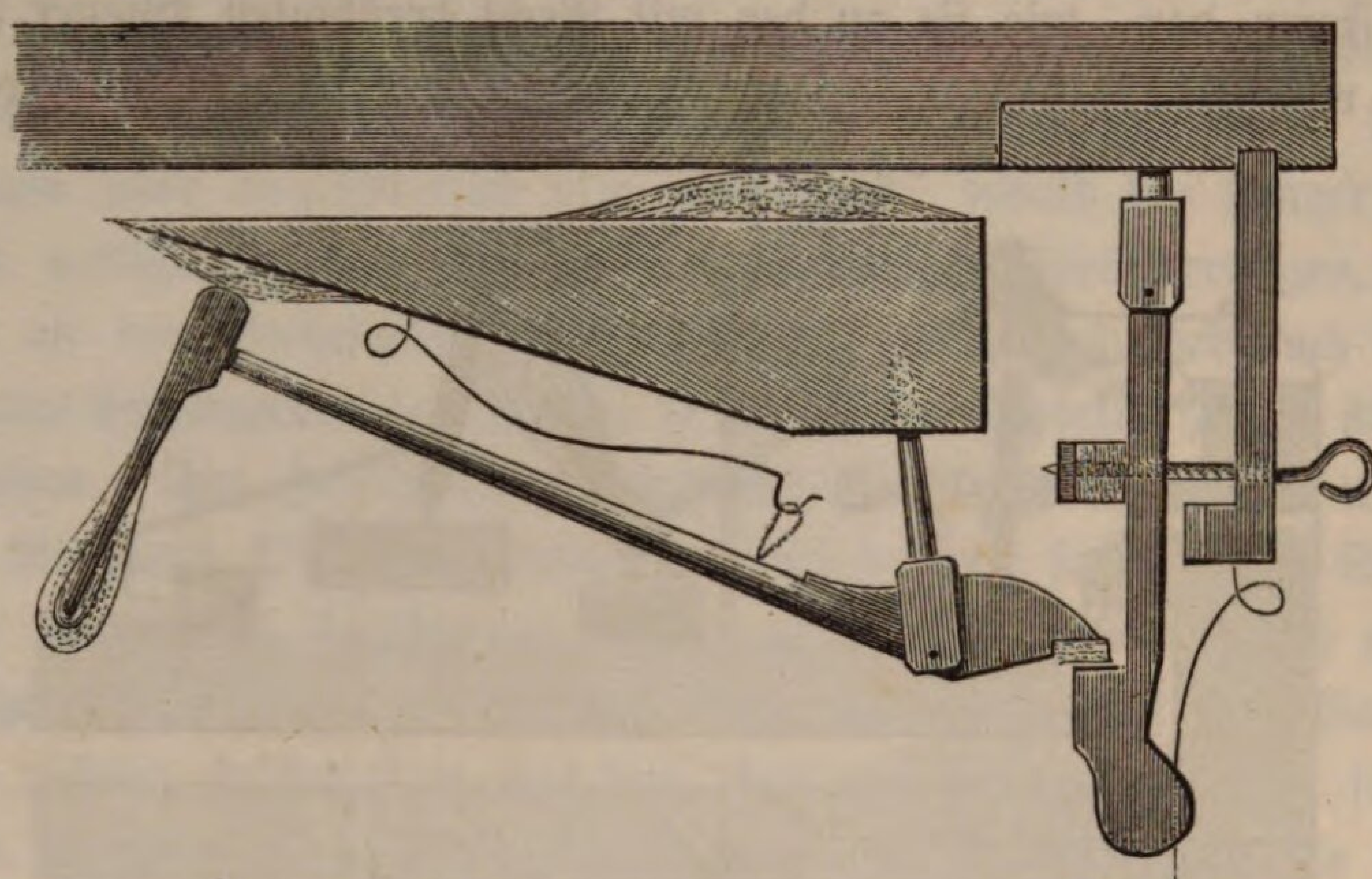
---

*) Eine Theaterannonce aus dem Jahre 1767 sagt: Miss Brickler will sing a favourite song from Judith, accompanied by Mr. Dibdin on a new instrument, called Pianoforte. Fischhof, Geschichte des Clavierbaues, Wien 1853, S. 15.

talen Drahtstift gehalten, die feinsten Correctionen in der Stellung der Stoßzunge verrichtet. Uebrigens geht dieser Drahtstift frei durch eine weitere Durchbohrung der Stoßzunge, so daß diese innerhalb gegebener Grenzen sich ungehindert vor und zurückbiegen kann. Mit dem Hebelarm, mit welchem die Stoßzunge den Hammer angreift, hängt die Größe des Widerstands zusammen, welchen der Spieler beim Niederdruck der Taste empfindet.

Die folgende bildliche Darstellung enthält, wenn auch nicht eine der vollkommensten, doch eine der übersichtlichsten Einrichtungen der Mechanik für den Anschlag von Oben. Die wesentlichste Verschiedenheit derselben von den seither betrachteten Formen bietet sich auf den ersten Anblick dar. Der Hammer wird nach dem

Fig. 23. Halbe nat. Gr.



Anschlage in die Ruhelage nicht durch sein eignes Gewicht, sondern durch eine Feder zurückgeführt, welche das Gewicht des Hammers dabei zu überwinden hat. Da es einerseits nothwendig ist, daß der Hammer sogleich nach dem Anschlag die Saite wieder verläßt, andererseits aber eine zu kräftige Feder das Spiel erschwert, so leuchtet ein, daß hiermit zu allen übrigen Schwierigkeiten der Mechanik eine sehr wesentliche neue hinzutritt. Diese ist auch der hauptsächliche Grund, warum der Anschlag von Oben, ungeachtet seiner akustischen Vorzüge, nur selten angewendet wird.

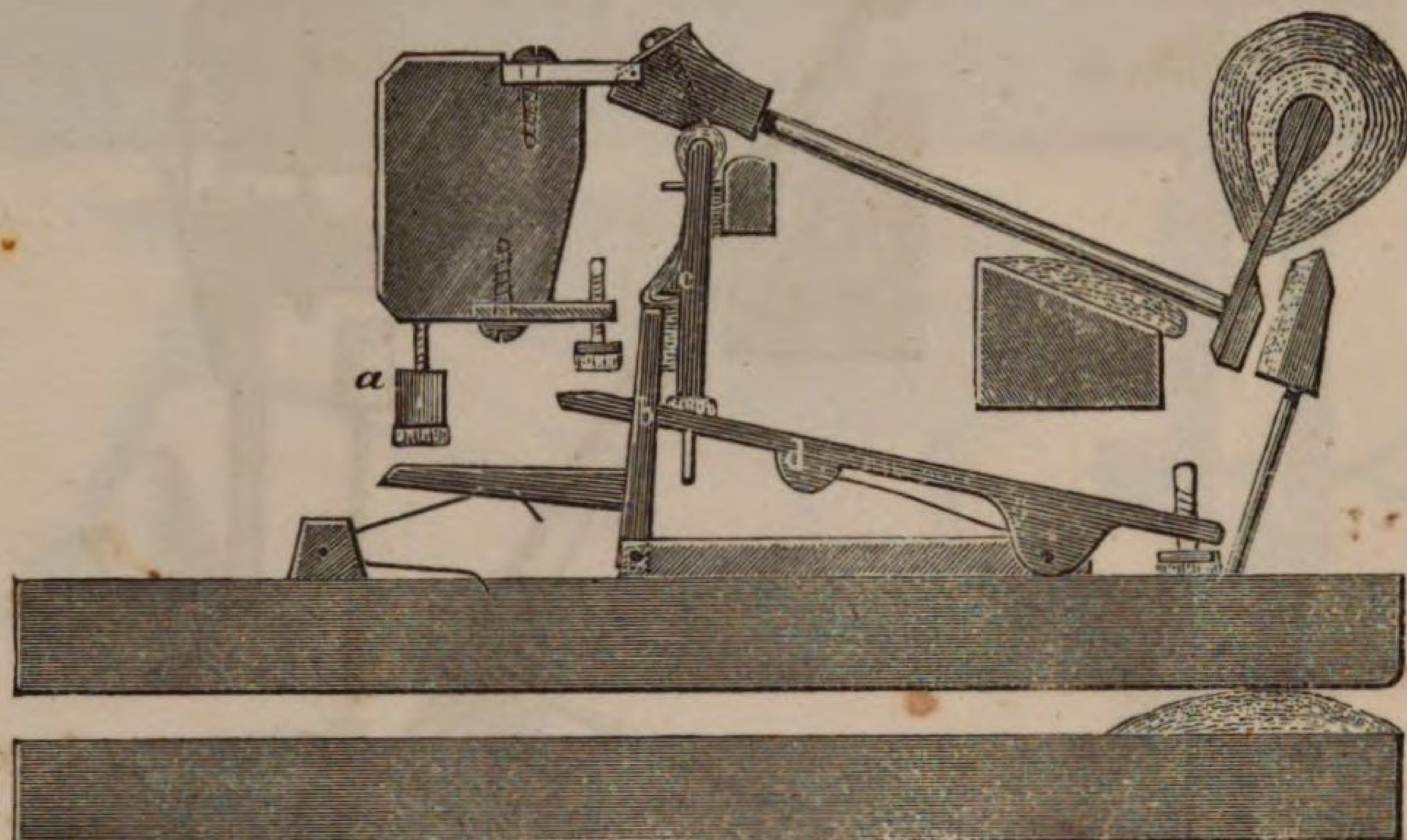
Die aufrechtstehenden Pianoforte's oder Pianino's gleichen bezüglich der Lage der Mechanik den Instrumenten, bei welchen die Saiten von Oben angeschlagen werden. Diesem Umstand ist wohl theilweise der kräftige Ton zuzuschreiben, welcher diese Instrumente von so gefälliger Form, ungeachtet ihrer Beschränkung in der Saitenlänge sowie in den resonanzgebenden Theilen auszeichnet. Die folgende Figur stellt die Mechanik eines Pianino's sammt der Dämpfung dar.

Fig. 24. Halbe natürl. Größe.



Es bleibt noch übrig, die letzte wesentliche Vervollkommnung zu beschreiben, welche Erhard im Jahre 1823 der Mechanik des Pianoforte's zufügte. Alle bisher betrachteten Einrichtungen haben das Eigenthümliche, daß nach dem Anschlage des Hammers und erfolgter Auslösung, der Angriff zu einem neuen Anschlag nur dann gewonnen werden kann, wenn der Finger die Taste verlassen hat und diese zu ihrer Ruhelage zurückgekehrt ist. Das Weitspurige, welches hierdurch in die unmittelbare Wiederholung des nämlichen Tones gelegt wird, stand einem geschmackvollen Spiel und der raschen Ausführung mancher musikalischen Figuren im Wege. Durch die Einführung des double échappement, welches die folgende bildliche Darstellung enthält, hat Erhard das Pianoforte

Fig. 25. Ein Drittel nat. Gr.



auch in der gedachten Beziehung der Vollkommenheit um Vieles näher gebracht. Das Wesentliche jener neuen Einrichtung besteht darin, daß der Hammer, nachdem Anschlag und Auslösung stattgefunden haben, nicht ganz herabfallen kann, so lange die Taste niedergehalten wird, sondern daß eine zweite Stoßzunge ihn aufnimmt und ihn, wenn der Finger auf der Taste nur wenig gelüpft und wieder niedergedrückt wird, aufs Neue zum Anschlag bringt. In der oben abgebildeten Mechanik geschieht der erste Stoß durch den senkrechten Schenkel b eines auf der Taste befestigten Winkelhebels gegen den Stößer c, und dieser trifft den Hammer. Nachdem der Winkelhebel sich durch den Aufstoß an a

ausgelöst hat, setzt sich der Hammer auf den Stößer c und dieser auf den Gegenheber d auf, bereit zu einem zweiten Anschlage.

Um die Stoßzunge immer in gleicher Höhe mit dem Träger zu halten, welcher den zurückfallenden Hammer auffängt, mußte Erhard den Zwischenhebel des Cristofali wieder einführen und auf diesen den Stößer, den Träger und Fänger setzen. Eine einzige Taste der repetirenden Mechanik besteht aus nicht weniger als 64 Theilen und hat 5 Axen, während die gewöhnliche englische Mechanik deren nur 2 zählt. Diese Complication, die davon abhängige geringere Dauer und schwierigere Ausbesserung haben der Erhard'schen Mechanik einen Theil der Anerkennung entzogen, welche sie anfangs fand. Southwell, einem Arbeiter Broadwood's, und nach ihm Biber*) in München ist es gelungen, den gleichen Vortheil einer leichten und präcisen Repetition mit einfacheren Mitteln zu erreichen. Bei der Mechanik des letztgenannten Künstlers verrichtet ein kleines, an einem Federchen elastisch schwebendes Polster, welches, auf der schiefen Fläche des Stößerkopfs unter dem Hammerstiele angebracht, den Hammer in jeder Höhe fängt, die Repetition leicht und nie versagend.

Die Klangfarbe und Tonstärke des Pianoforte's sind die Eigenschaften, nach welchen der Laie den Werth eines Instrumentes hauptsächlich zu bemessen pflegt. Wenn die Saiten stark gewählt werden im Verhältniß zu ihrer Länge, eine derbe Mechanik den Anschlag vermittelt, so wird damit selbstverständlich ein stark berippter Resonanzboden und ein massiv gebauter Instrumentenkörper verbunden sein. Der Ton ist dann der möglichst starke der englischen Instrumente. Ob er „dick" oder gar „dumpf" dabei ist, hängt hauptsächlich von der Garnirung der Hammerköpfe ab. Werden die Filz- und Lederstreifen beim Ueberziehen stramm angezogen, wird vorzugsweise Leder verwendet, so fällt der Ton klarer aus; er wird dumpfer, wenn die Hammerköpfe weich garnirt sind. Gegenüber dem massigen englischen Ton wird derjenige der Wiener

*) Biber erhielt auf der deutschen Industrieausstellung von 1854 zu München unter allen Pianofortefabrikanten die erste Stelle. Siehe Schafhäutl's Bericht S. 94 und 230.

Instrumente „glänzend und singend“ genannt. Ihm liegen schlankere Saiten, eine feinere Mechanik und ein beweglicherer Resonanzboden zu Grunde.

Von dem Erfinder der doppelten Auslösung rührt die letzte Vervollkommnung eines anderen Saiteninstrumentes her, welches seine Entstehung nicht wie das Fortepiano im Salon unter dem Einfluß der modernen Musik fand. Zahlreiche Abbildungen der Harfe auf den ältesten Denkmalen ägyptischer Kunst beweisen, daß sie einst bei den religiösen Ceremonieen der Priester jenes Landes gespielt wurde, die heilige Schrift meldet uns, daß sie beim Tempeldienst der Hebräer erklang. Wenn man cinnara, den Namen eines römischen Saiteninstrumentes, für gleichbedeutend nehmen darf mit Kinnor, dem Worte, welches im hebräischen Texte die Harfe David's bezeichnet, so kannte auch das alte Rom die Harfe. In völliges Dunkel aber ist die Wanderung derselben nach dem Westen und Norden Europa's gehüllt; harpa nennen die römischen Schriftsteller das Saiteninstrument, zu dessen Klängen die gallischen und deutschen Sänger die Thaten ihrer vaterländischen Helden besangen. Wir treffen die Harfe wieder in hohen Ehren stehend bei den skandinavischen und keltischen Barden, bei den Sängern Hochschottlands. Vor fast drei Jahrhunderten war die irländische Harfe von allen die vollkommenste. Ihre Saiten waren von Messing, der Tonumfang ging von C bis e_3. Das Instrument hatte „eine außer Maßen liebliche Resonanz.“ Die auf den Ruinen des ägyptischen Thebens gefundene Abbildung einer Harfe enthält 13, die in den Basreliefs des Cyrenaicums von Ptolemaïs dargestellte 15 Saiten. Abbildungen französischer Harfen aus dem 14. Jahrhundert zeigen 25, vom Ende des 18. Jahrhunderts 34 Saiten, der Umfang ging von B_{-1} bis g_3; er hat sich jetzt auf das Gebiet von F_{-1} bis d_4 erweitert, in einer diatonischen Leiter von 41 Saiten.

Von England und Frankreich nahm die Harfe vor mehren Jahrhunderten schon ihren Weg nach Deutschland, und es ist wohl kein Land der Welt, in welchem ihr Gebrauch so verbreitet ist, als in Böhmen, von wo aus viele Hunderte von reisenden Künstlern und Künstlerinnen in die umliegenden Länder wandern.

Alle wesentlichen Vervollkommnungen der Harfe ohne Ausnahme sind von deutschen Künstlern ausgegangen. Der pyramidal aufwärts gehende Körper der Harfe ist hohl, die hinteren Theile aus Ahornholz, der vordere, nach den Saiten hin liegende, aus einer Resonanzplatte von Fichtenholz gebildet. Zwischen dem mitten auf dem Resonanzboden hinlaufenden Stege und dem oben in schöner Biegung geformten Halse des Instrumentes sind die Saiten ausgespannt, mit Silberdraht umsponnene Darmsaiten für die acht tiefsten Töne, für alle übrigen freie Darmsaiten, nach der Höhe hin von abnehmender Dicke. Die vor der tiefsten Saite von dem Halse zum Fuße der Harfe herabgehende Vorderstange verleiht dem Ganzen hinreichenden Widerstand gegen den Zug der Saiten.

Damit dem Spieler alle Saiten bequem erreichbar seien, müssen sich dieselben auf einen Raum von etwa 16 Pariser Zollen zusammendrängen. Ein Umfang von 6 Octaven schließt 84 Töne in chromatischer Tonfolge ein. Sollte die Harfe diese Töne alle, wie das Fortepiano enthalten, so würde die dichte Lage der Saiten das Spiel fast unmöglich machen, auch dann, wenn man durch verschiedene Farben die Halb- und Ganztöne unterscheiden wollte, wie Pfranger dieß an seiner fünfoctavigen chromatischen Harfe gethan.

Da man sich aus diesem Grunde auf die diatonische Tonfolge der Saiten beschränkte und doch das Bedürfniß fühlte, in mehr als einer Tonart zu spielen und zu moduliren, so suchte man die erhöhten Halbtöne anfangs durch Verkürzung der Saiten mittelst Auflegen des Fingers am Halse des Instrumentes hervorzubringen. Schon gegen Ende des 17. Jahrhunderts wurden von Tyroler Künstlern am Halse besondere drehbare Scheibchen mit Haken angebracht, durch welche, wie die Figur zeigt, die nöthige Verkürzung der Saite rascher und sicherer bewirkt werden konnte. Immerhin blieb das modulirte Spiel bei diesen Mitteln schwierig und in enge Grenzen eingeschlossen, und die Harfe wurde erst im Jahre 1720 durch die Erfindung des Pedals durch Hochbrucker aus Donauwörth auf eine Stufe der Vollkommenheit erhoben, auf welcher sie den Anforderungen der neueren Tonkunst genügt.

Fig. 26.



Ein am unteren Ende des Instrumentes angebrachter Tritt wird mit dem Fuße niedergedrückt, die Bewegung pflanzt sich an einem in der Vorderstange hinaufgehenden Drahte auf einen Winkelhebel und von diesem auf eine durch den Hals des Instrumentes

sich erstreckende Schienenverbindung fort, welche dadurch nach Vorn gezogen wird. Sechs Scheibchen der oben abgebildeten Form, welche die Erhöhung der Grundtöne c der verschiedenen Octaven in cis vermitteln, sind mit der nämlichen Schienenkette verbunden; so daß der Spieler durch einen Druck mit dem Fuße jene sämmtlichen Scheibchen drehen und die Harfe aus c dur in g dur stimmen kann. Sieben Pedale, deren Mechanismus nebeneinander im Halse der Harfe Raum hat, genügen zur Modulation in alle Tonarten. Ungeachtet ihrer großen Vorzüge verbreitete sich die Pedalharfe nur allmälig, sie war 1740 in Frankreich noch unbekannt. Die letzte Vervollkommnung indessen ist, obwohl ebenfalls von einem Deutschen erdacht, von der Hauptstadt Frankreichs ausgegangen. Es ist eine Unvollkommenheit des Fortepiano's, welche ihm zu verschiedenen Zeiten nicht geringe Vorwürfe der Musiker zugezogen hat, daß eine allen Tonarten entsprechende reine Stimmung bei demselben unmöglich ist, insbesondere, daß die um eine halbe Tonstufe erhöhten Töne mit den um einen halben Ton erniedrigten der folgenden Tonstufe in Eins verschmolzen erscheinen, also daß dieselbe Taste und Saite cis und des, dis und es, e und fes, eis und f, u. s. w. anzugeben bestimmt ist.

Offenbar leidet die Harfe, deren Saiten die diatonische Tonfolge darstellen, auch nach Einführung der sieben Pedale noch an der gleichen Unvollkommenheit, wie die chromatische Skale des Claviers oder der Orgel. Erhard hat dieselbe im Jahre 1820 durch seine Harfen mit doppelter Bewegung gehoben. Jedes Pedal kann an diesen Instrumenten um zwei Stufen abwärts bewegt werden und wenn eines derselben, um eine Stufe erniedrigt und da festgestellt, dem Tone c entspricht, so giebt es auf seiner zweiten Stufe cis, während die unverkürzte Saite, bei der höchsten Stellung des Pedals, in ces gestimmt ist. Das Instrument, welches somit an harmonischer Vollkommenheit das Fortepiano übertrifft, ist schwierig zu behandeln und theuer, daher es in den Orchestern noch eine geringe Verbreitung gefunden hat und wohl nur von eigentlichen Virtuosen gebraucht wird. Als blose Begleiterin zum Gesang ist sogar die einfache Harfe ohne Pedal immer noch die verbreitetste.

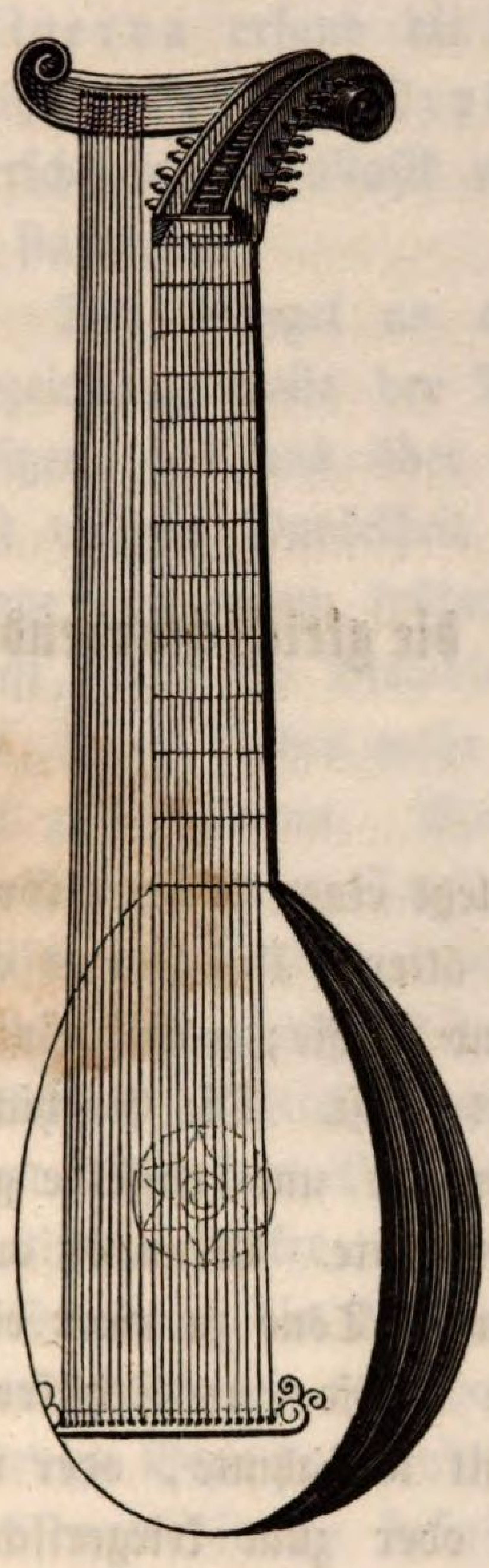
Man kann den ergreifenden Character des Harfenspieles nicht schöner bezeichnen, als dieß von einem Kenner des Instrumentes mit folgenden Worten geschehen ist: „Die Harfe vermag Alles zu sagen, was seelenvoll ist, was zum Herzen spricht, mag es in leisen Ahnungsschauern vorüberschweben, in sanften Wehmuthsklängen verhallen oder im Sturme der Leidenschaften durch die Saiten brausen; auch der leichte Scherz ist ihr nicht fremd, ob er mit Elfenschritt nahend, muthwillig necke, oder in ländlicher Lust sich rüstig tummele. Nur der strenge Satz in vierstimmiger chromatischer Bewegung und das glänzende Spiel des Salons gehört ihr nicht an.“

Die akustischen Verhältnisse der Harfe erklären ihren musikalischen Character genügend. Das schnelle Verhallen der Töne hat sie mit allen Instrumenten gemein, an welchen Darmsaiten nicht mit dem Bogen gestrichen, sondern angeschlagen oder gerissen werden. Die freie Stellung der Saiten gestattet ein reineres, von allem zischenden Beiwerk freieres Spiel, als bei der Laute oder Guitarre, bei welchen die unvollkommene Abgrenzung der Saiten auf dem Griffbrete ohnehin schon der Schönheit des Tones Eintrag thut. Die einfache Tonwelle, welche von dem Resonanzboden der Harfe ausfließt, führt, zumal wenn das Instrument im Freien oder in weiten Räumen geschlagen wird, wo kein Nachhall sich verwirrend dazwischendrängt, einen zwar schwachen und rasch dahinsterbenden, aber glockenreinen Ton zum Ohre. Nichts kann rührender sein, als der Klang mehrer vereinter Harfen, welcher durch nächtliche Stille in freier Natur zu uns dringt.

Wenn gar, wie bei der Aeolsharfe, der Wind selbst mit seinen zarten Fingern die Saiten rührt, dann scheint der Ton in leisen Akkorden erklingend, oder in flüchtigem Laufe durch mehre Octaven hinaneilend, alles Irdische abzustreifen.

Die Vervollkommnung der Harfe hat ein Instrument verdrängt, welches einst wohl das verbreitetste und beliebteste aller Saiteninstrumente war. Von der Laute sagt Prätorius, sie sei das Fundament und initium, von der man nachher auf allen anderen besaiteten Instrumenten das Seinige präftiren könne, wenn man zuvor rechtschaffen darauf gelernt und begriffen habe. Sie war freilich damals noch einfacher bezogen; die Saitenchöre häuften

Fig. 27.



sich aber immer mehr, wie die beistehende Abbildung zeigt, und in ihrer ausgebildetsten Form war sie mit 24 Darmsaiten bezogen, von welchen 11 auf dem Griffbrete für die Tonleiter und 14 daneben gespannte für die Grundakkorde bestimmt waren. Schon Matheson stellt ihr (1713) kein vortheilhaftes Zeugniß aus. „Wenn ein Lautenist 80 Jahre alt wird, bemerkt er, so hat er gewiß 60 Jahre gestimmt; dazu kommt, daß die meisten Liebhaber nicht rein zu stimmen capable sind, da fehlt es bald an den Saiten, bald an den Bünden, bald an den Wirbeln, so daß ich mir habe sagen lassen, es koste in Paris einerlei Geld, ein Pferd oder eine Laute zu unterhalten."

Wir gehen hier auf den Bau der Laute, der Guitarre und der Cither nicht ein, da daraus vorerst keine interessanten akustischen Gesichtspunkte zu gewinnen sind.

5. Die harmonischen Verhältnisse und die gleichschwebenden Temperaturen.

Die Musik hat unter allen Künsten zuletzt einen höheren Grad der Ausbildung gewonnen und doch ist sie älteren Ursprunges als die Baukunst, die Skulptur, die Malerei und Poesie; wahrscheinlich nicht viel jünger als das Menschengeschlecht selbst. Die Geschichte ist außer Stand, ihren Ursprung nachzuweisen und dasselbe gilt bezüglich der einfachsten musikalischen Instrumente. Wenn es auch von Interesse wäre, zu wissen, wo man zuerst Töne zu einer einfachen Weise verbunden, wer zuerst eine Pfeife aus Schilfrohr schnitt und die Stimmen der Vögel damit nachahmte, oder wo der Rhythmus der Trommel zum Tanze oder zum kriegerischen Marsche einlud — und wie sich diese Künste von Familie zu Familie, von Stamm zu Stamm, von Volk zu Volk übertrugen und verbreiteten — der Forscher in diesem Gebiete würde sich unfehlbar ins Reich der Mythen verlieren. Alle Völker, welche in vergangenen Jahrtausenden Träger höherer Cultur gewesen sind, die Chinesen, die Inder, die Aegypter, die Griechen leiten ihre Musik und ihre vorzüglichsten musikalischen Instrumente von den Göttern ab, sie empfingen sie von begabteren Geistern, welche die verklärende Sage allmälig zu göttlichen Ehren emporsteigen ließ. Seresvati, die Göttin der Sprache, hatte einen Sohn Nared, dieser lehrte den Hindus die Musik und schenkte ihnen die Vina, ihr vorzüglichstes Saiteninstrument. Die Aegypter empfingen Musik und Flöte von Osiris, ihr Gott Hermes erfand die Lyra.

Den Griechen brachte Cadmos die Musik aus Aegypten zu, Minerva erfand die Flöte, Hermes die Lyra, Apollo die Cither; Linus, Orpheus und Amphion empfingen den Unterricht in der Musik unmittelbar von den Göttern, von welchen sie stammten.

Der Mangel an aller, oder doch an einer so vollkommenen Bezeichnungsweise der Töne, wie wir sie in unserer Notenschrift besitzen, hat uns über die Musik vieler Völker des Alterthums in fast völliger Dunkelheit gelassen. In Indien und China geht die Sage von einem früheren weit vollkommeneren Zustand der Tonkunst, allein die Melodieen, welche man diesen Völkern abgelauscht hat, lassen Nichts mehr erkennen, was jenen Sagen Glaubwürdigkeit geben könnte. Viele dieser Weisen ruhen auf der Grundlage unvollkommenerer Tonfolgen, als wir sie jetzt besitzen. Die chinesischen Melodieen bestehen aus den nämlichen fünf Tönen, welche den Liedern Hochschottlands den seltsam melancholischen Character verleihen. Allein hieraus darf man so wenig, wie aus dem Umstand, daß kein Volk des Alterthums, daß keines der gebildeteren asiatischen Völker, weder die Chinesen, die Inder, die Perser, die Araber, noch die Griechen und Römer Das kannten, was wir jetzt unter Harmonie verstehen, schließen, daß jenen Völkern die merkwürdige Beziehung unbekannt war, welche gewisse Töne an einfache Zahlenverhältnisse knüpft. Es besteht vielmehr eine große Kluft zwischen dem Inhalt der theoretisch musikalischen Schriften jener Nationen und Dem, was uns von ihrer practischen Musik noch erübrigt.

Stets war es die gespannte Saite, an welcher man die Eintheilung der Töne kennen lernte und auf welche sich die Darstellung des Tonsystems bezog. Das Monochord ist, wenn man in jener Toneintheilung den Beginn der akustischen Forschung erblicken will, einer der ältesten physikalischen Apparate. Die zwölf Lu (Tonarten) der Chinesen sind nach dem Quintencirkel aufgebaut, verrathen also nicht nur die Kenntniß der innigen Verwandtschaft zwischen Grundton und Quinte, sondern auch des nahen Zusammentreffens der zwölften Quinte mit einer höheren Octave des Grundtons, von welchem man ausgegangen war. Die Anordnung

der griechischen Tonarten hat zwar eine solche harmonische Grundlage nicht, aber ihre wissenschaftliche Feststellung an und für sich schon, die Unterscheidung des diatonischen, chromatischen und enharmonischen Fortgangs der Töne, die Eintheilung in ganze, halbe und Viertels-Töne, welche seit Pythagoras, also seit dem sechsten Jahrhundert vor Christi Geburt, bereits gegeben war, die Bekanntschaft mit den vorzüglichsten Consonanzen beweisen eine Vertrautheit mit der Handhabung des Monochords und mit der Anwendung der Rechnung in der Musik, welche gegen die Seltenheit exacter Bestimmungen in natürlichen Verhältnissen, wie sie sonst dem Alterthum eigen ist, auffallend contrastirt. Die Hinneigung der Pythagoräischen Schule zur Zahlenmystik und die Lostrennung abstracter arithmetisch-musikalischer Speculationen von der practischen Musik konnte den Widerspruch rechtfertigen, welchen Aristoxenus und seine Anhänger gegen solche mathematische Begründung der Musiklehre erhoben, indem sie dem musikalischen Gehör das alleinige Entscheidungsrecht über Das, was musikalisch richtig und schön sei, zusprachen.

Uebrigens blieb das Monochord stets in Anerkennung; es überlebte die griechische und römische Welt und wurde von den Lehrern der christlichen Musik zur Feststellung der Kirchentonarten und als Hülfsmittel ihrer Einübung für die Gesangschüler verwendet. Indem man ihm zur Erleichterung dieses letzteren Zweckes Tasten gab, welche das Eintheilen und Anschlagen der Saite zugleich verrichteten, wurde es im Laufe des elften Jahrhunderts der Ausgangspunkt für den Bau des Clavichords.

Ein anderes Tasteninstrument, die Orgel, obwohl aus der vorchristlichen Zeit stammend, wurde schon nach den ersten Jahrhunderten zur Führung des Gesanges in den christlichen Kirchendienst eingeführt und die Schriftsteller des neunten Jahrhunderts machen bereits genaue Angaben über die Mensur der Pfeifen, welche sich nicht etwa ausschließlich auf die Eintheilung der Töne am Monochord, sondern offenbar auf selbständige Untersuchung der Pfeifen gründeten.

So viel man indessen von solchen Bestimmungen, sowie von den Betrachtungen halten mag, welche die Schriften des Aristo-

teles über einige Fragen des Schalles enthalten, und endlich von Dem, was Vitruv über die Verbreitung des Schalles gesagt hat, man muß gestehen, daß das eigentliche Wesen des Tones nicht erforscht, die Bedingungen der Tonhöhe und Tonstärke nicht bekannt, daß die Geschwindigkeit der Verbreitung des Schalles nicht gemessen und somit eine Einsicht in den eigentlichen Hergang der Tonerzeugung in den musikalischen Instrumenten unmöglich war. Erst gegen das Ende des 16. und mit dem Anfang des 17. Jahrhunderts begann die Lösung dieser Probleme.

Gassendi und Mersenne brachten den Vorschlag Baco's für die Messung der Schallgeschwindigkeit zur Ausführung. Sie erkannten, in welcher Weise der Schall an Mauern oder Bergwänden zurückgeworfen wird und wie das Echo entsteht. Guerike zeigte mit der 1650 von ihm erfundenen Luftpumpe, daß der Schall im luftleeren Raume erstirbt. Mersenne machte in dem ersten Buche seiner harmonia universalis genauere Untersuchungen über die Schwingungen der Saiten bekannt und stellte zuerst unzweifelhaft fest, daß die Tonhöhe durch die in der Zeiteinheit vollendete Anzahl der Schwingungen bedingt ist. Einer gleich sorgfältigen Untersuchung wurden die Schwingungen der Luft in den Orgelpfeifen von Sauveur (1701) unterzogen; er wußte die absolute Zahl dieser Schwingungen in einer gegebenen Zeit zu messen; er erkannte, daß die Entstehung der harmonischen Obertöne, der Octave, Quinte u. s. f., welche der aufmerksame Beobachter neben dem Grundton einer Pfeife erklingen hört, auf der Bildung für sich schwingender Unterabtheilungen beruht. Mit den wenigen hier genannten Untersuchungen und Entdeckungen beginnt die eigentlich physikalische Erforschung der Schallgesetze. Gegen Ende des 17. Jahrhunderts unternahm man es, die allgemeinen Gesetze der Bewegung, deren Erkenntniß seit der Mitte des genannten Jahrhunderts einen festen Boden erhalten hatte, auf die Erscheinungen des Schalles anzuwenden. Die Wahrheiten der Akustik gewannen durch die mathematische Behandlung eine strengere Form und durch die Nachweisung ihres Zusammenhanges größere Festigkeit.

Diese wenigen Thatsachen zeigen, wie jung die Wissenschaft der Akustik noch ist; ein Alter von kaum dreihundert Jahren! An

ihrer Wiege stand die Kunst der neueren Musik schon in vollster Blüthe in den Compositionen Paläſtrina's für die Kirche, Monteverdi's und Scarlatti's für die Oper. Auch der Bau der Streichinstrumente erreichte gerade in jener Zeit die höchste Vollkommenheit.

Es ist natürlich, daß die Musik der jüngeren Akustik ihre Sprache lieh, d. h. daß die Bezeichnungsweise der Töne und ihres Verhältnisses zu einander in der Akustik so angenommen wurde, wie sie in der Musik lange schon gebräuchlich war. Wir müßten schon darum also den Leser mit den Grundzügen der musikalischen Terminologie und Technik vertraut machen, auch wenn wir nicht in der Verbindung mit der Musik und in der Anwendung auf den noch wenig enträthselten Bau musikalischer Instrumente einen Hauptreiz für das Studium der Schallgesetze erblickten.

Der Ton, welcher zur Behauptung einer festen Stimmung der Orchester in der Stimmgabel fixirt ist, wird durch 440 Schwingungen in der Secunde hervorgebracht. Da die Schwingungszahl den einzig wesentlichen Character der Tonhöhe ausmacht, so würde die Angabe dieser Zahl für alle akustischen Betrachtungen die einfachste und zugleich präciseste Bezeichnungsweise eines Tones sein. Natürlich hat die Musik andere Mittel der Bestimmung gewählt zu einer Zeit, wo man die Schwingungszahlen nicht kannte. Wir haben früher den Ton von 8 Schwingungen in der Secunde als den tiefsten, den von 37500 als den höchsten der noch vernehmbaren Töne bezeichnet. Diese Grenzen sind keine absolut feste, insofern sie, durch ungleiche Organisation bei verschiedenen Individuen sowohl, als durch Uebung des Gehörs kleinen Schwankungen unterliegen. An der unteren Grenze macht sich durch das Continuum des Tones der Eindruck der einzelnen Wellenschläge noch geltend, daher ein rauher, schnurrender Klang selbst noch bei den Tönen von 16,5 bis 33 Schwingungen, welche die tiefste, auf keinem anderen Instrumente als der Orgel gebräuchliche Octave im Bereiche der musikalischen Töne ausmachen. Der Normalton der Stimmgabel von 440 Schwingungen liegt nur wenig über der Mitte dieses Bereichs und dasselbe endigt bei manchen hochgehenden Instrumenten mit 3520, auf der Orgel mit dem Tone von 4224

Schwingungen. Schon die letzte Octave dieser Töne, also zwischen 2112 und 4224 Schwingungen, trägt den Character einer unangenehmen Schärfe. In den etwas mehr als drei Octaven, welche noch über jene Grenze hinaus hörbar sind, steigert sich dieser Eindruck zum Widrigen und Unerträglichen. Beschränken wir unsere Betrachtungen zunächst auf das Tongebiet zwischen 16,5 und 4224 Schwingungen, ein Gebiet von 8 Octaven, so ist die Anzahl der Töne zwischen jenen Grenzen eben so unbeschränkt, wie die Menge der Zahlen, welche zwischen 16,5 und 4224 denkbar ist. Die Feinheit des Gehörs indessen ist, wie die Kraft aller unserer Sinne, keineswegs unbegrenzt in der Erfassung der Höhenunterschiede. Auch das geübteste musikalische Gehör wird zwei Töne, den einen von 4223, den anderen von 4224 Schwingungen, nicht mehr zu unterscheiden vermögen. Nur durch Uebung und größte Aufmerksamkeit gelingt es, noch Differenzen von dem fünfhundertsten Theil einer Octave zu erfassen. Einer Octave könnte man hiernach also 500 verschiedene Töne geben und das Pianoforte, welches zwischen den Grenzen von 27,5 und von 3520 Schwingungen gerade sieben Octaven umfaßt, würde demnach 3500 verschiedene Töne enthalten können. Ein Blick auf die Claviatur dieses Instrumentes lehrt aber, daß es in jeder Octave nur 12, im Ganzen nur 84 Töne enthält; die acht Octaven der Orgel enthalten in Uebereinstimmung hiermit nur 8 . 12 = 96 Töne, genau dieselben Töne finden sich, wenn auch nicht in gleichem Umfang nach der Höhe und Tiefe, auf allen festgestimmten Saiten, auf allen Blasinstrumenten und selbst auf den Schlaginstrumenten wieder, welche zu gemeinschaftlichen musikalischen Aufführungen gebraucht werden.

Nicht überall und zu allen Zeiten ist die Anzahl der so ausgewählten Töne, noch weniger ist ihre gegenseitige Lage stets genau die nämliche gewesen. In den ägyptischen und arabischen Melodieen findet man heutzutage noch Uebergänge durch weit kleinere Stufen, als sie in der abendländischen Musik gebräuchlich sind, ja selbst einzelne Instrumente jener Völker sind nach jenen kleineren Intervallen gestimmt. Noch nicht anderthalb Jahrhunderte sind es, seitdem man sich der Gründe für die jetzt gebräuchliche Tonabtheilung bewußt geworden ist; bis auf den heutigen

Tag sind die unvermeidlichen Unvollkommenheiten derselben Gegenstand häufig wiederkehrenden Widerspruchs und Vorwurfs gewesen. Allein die Theorie hat in dieser Beziehung alles Dunkel verscheucht, man kennt jetzt die großen Vorzüge unseres heutigen Systems, man sieht den Weg klar vor Augen liegen, welcher zu einem noch vollkommeneren führt, aber eben so klar erkennt man die neuen practischen Schwierigkeiten, welchen man bei Annahme eines solchen Tongebäudes unvermeidlich in um so höherem Grade begegnen muß, je vollkommener dasselbe an sich den Anforderungen musikalischer Reinheit genügen soll.

Den Leser, welcher nicht als unbedingter Anhänger des Aristoxenus eine Scheu vor jeder Anwendung der Rechnung in der Musik hat, hoffen wir ohne erhebliche Schwierigkeiten in das Verständniß der angedeuteten Resultate einzuführen.

Wir denken uns auf einem Resonanzboden zwei nebeneinander aufgezogene Saiten vollkommen gleich gestimmt, an der zweiten Saite einen Steg verschiebbar, welcher das tönende Stück derselben nach Belieben zu verkürzen gestattet, ohne dabei ihre Spannung zu ändern. Verkürzt man allmälig, indem man bei jeder neuen Stellung des Steges beide Saiten zusammen erklingen läßt, so nimmt man die mannichfaltigsten Abwechslungen bezüglich des Wohlklangs wahr. Bald ist der Zusammenklang beider Saiten ein widriger, bald macht, nach nur wenig veränderter Stellung des Steges, der Zweiklang in einem ruhigen ebenmäßigen Abfluß den angenehmsten Eindruck auf das Ohr. Endlich trifft man bei Verkürzung der zweiten Saite Stellen, wo ihr Ton, obgleich höher, doch eine äußerst nahe Verwandtschaft mit dem Tone der unverkürzten Saite verräth. Es ist dieß dann der Fall, wenn die Länge der zweiten Saite auf die Hälfte, ein Viertel, ein Achtel u. s. w. der anfänglichen Länge herabgegangen ist, wenn ihre Schwingungszahlen also auf das Doppelte, Vierfache, Achtfache u. s. w. derjenigen angewachsen ist, welche dem gleichzeitig erklingenden Tone der unverkürzten Saite zukommt. Der Abstand eines Tones bis zu dem von der doppelten Schwingungszahl, von den Griechen Diapason genannt, führt in der heutigen Musik den Namen der Octave. Geht man von dem tiefsten in der Musik gebräuchlichen

Tone aus, so sieht man, daß alle Töne bis zum höchsten hin in acht Octavenabschnitte zerfallen, indem die folgenden Schwingungszahlen die Grenzen bezeichnen und also den Grundtönen der Octaven entsprechen:

16,5—33—66—132—264—528—1056—2112—4224
1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. Octave.

Was diese Eintheilungsweise noch mehr rechtfertigt und die Abschnitte als wirklich natürliche Tonperioden erscheinen läßt, ist der Umstand, daß in jedem dieser Abschnitte die nämliche Tonfolge sich wiederholt, oder, daß mit einem Grundtone die nämliche Folge schlecht und gutklingender Zweiklänge in jeder höheren Octave zu finden ist, wie sie von dem Grundtone bis zu seiner nächsten Octave auftrat. So ähnlich klingt ein Ton mit seiner Octave, daß nicht selten selbst geübte Musiker, wenn sie auch den musikalischen Abstand zweier Töne im Uebrigen scharf anzugeben wissen, zweifelhaft bleiben, ob sie einen dieser Töne eine Octave höher oder tiefer zu suchen haben. Darum verträgt auch das Intervall der Octave nicht die mindeste Abweichung von der Reinheit und man kann sich an einem gut gestimmten Claviere oder einer Orgel ebensowohl von der nahen Verwandtschaft eines Grundtones mit seiner Octave, Doppeloctave u. s. f. überzeugen, als an einem richtig eingetheilten Monochord. Nicht ganz ebenso verhält es sich mit den übrigen Zweiklängen.

Ehe wir diesen unsere Aufmerksamkeit zuwenden, richten wir unseren Blick nochmals auf die obige Zahlenreihe, welche die Schwingungszahlen der Grundtöne sämmtlicher in der Musik gebräuchlichen Octaven enthält. Die zweite der folgenden Reihen enthält die Unterschiede je zweier aufeinander folgenden Schwingungszahlen:

16,5—33—66—132—264—528—1056—2112—4224
16,5 33 66 132 264 528 1056 2112

Wie man sogleich bemerkt, entscheidet das Gehör für die Wiederkehr eines Octavenabschnittes nicht nach gleichen Unterschieden in den Schwingungszahlen; diese Unterschiede wachsen vielmehr nach den höheren Tönen hin und es ist ausschließlich das Verhältniß der Schwingungszahlen vom Einfachen zum Doppelten, welches

den Character der Octave ausmacht. Wo es bei theoretischen Betrachtungen nur auf das Verhältniß der Schwingungszahlen, nicht auf deren absolute Größe ankommt, nimmt man häufig die Schwingungszahl des tieferen Tones zur Einheit an. Geschieht dieß in obiger Reihe, so verwandelt sich dieselbe in folgende:

1 2 4 8 16 32 64 128 256

Es ist dieß eine aus den Potenzen der Zahl 2 gebildete Reihe, welche sich daher auch in folgender Weise schreiben läßt:

$2^0 \quad 2^1 \quad 2^2 \quad 2^3 \quad 2^4 \quad 2^5 \quad 2^6 \quad 2^7 \quad 2^8$

Die Exponenten dieser Potenzen, also die Zahlen 0, 1, 2, 3, . . . welche die Mathematiker die Logarithmen der Zahlen 1, 2, 4, 8,... für die Grundzahl 2 nennen, schmiegen sich dem Urtheil des musikalischen Gehörs insofern vollkommen an, als sie da gleiche Zahlenunterschiede geben, wo das Gehör gleiche musikalische Abstände mißt. Von 0 bis 1, von 1 bis 2, von 2 bis 3 u. s. w. mißt das Gehör jedesmal eine Octave. Die Töne zwischen 16,5 und 33, oder, nach der einfacheren Bezeichnungsweise zwischen 1 und 2, werden, wenn man ihr Verhältniß zum Grundton oder ihren musikalischen Abstand von demselben, anstatt durch das Verhältniß der Schwingungszahlen selbst, durch ihre Logarithmen bezeichnet, offenbar Werthe zwischen 0 und 1, also Bruchwerthe, als characteristische Bezeichnung erhalten.

Wenden wir uns nun zur Betrachtung dieser Töne. Keiner derselben giebt mit dem Grundtone einen schöneren, dem Ohre wohlgefälligeren Zweiklang, als derjenige, welchen man durch Verkürzung der Saite auf zwei Drittel der anfänglichen Länge erhält. Dieser Ton, dessen Schwingungszahl sich zu derjenigen des Grundtones wie 3 : 2 verhält, von den Griechen Diapente genannt, heißt jetzt Quinte. Zu dem Grundton von 16,5 gehört die Quinte von 24,75 Schwingungen, zu dem Grundton von 33, die Quinte von 49,5, zu dem Grundton von 66 die Quinte von 99 Schwingungen. Für den Grundton 1 ist die Quinte $\frac{3}{2} = 1{,}5$; der Logarithme dieser Zahl für die Grundzahl 2 aber ist: 0,585. Da die Mitte der ersten Octave logarithmisch durch 0,5 bezeichnet ist, so sieht man, daß der musikalische Abstand der Quinte von dem Grundton etwas mehr als die Hälfte der Octave beträgt.

Eine in dieser Weise fortgesetzte Untersuchung führt zu dem Ergebniß, daß die Schönheit der Zweiklänge, welche sich aus irgend einem Tone der ersten Octave und dem Grundtone bilden lassen, in gleichem Maße abnimmt, als die Zahlen wachsen, durch welche das Verhältniß der Schwingungen beider Töne sich am Einfachsten ausdrücken läßt. Diese Zweiklänge ordnen sich hiernach in folgende Reihe:

Verhältniß der Saitenlängen	Verhältniß der Schwingungszahlen	Name des Intervalls	Logarithmen der Schwingungszahlen	
1 : 1	1 : 1	Einklang	0,000	0
2 : 1	1 : 2	Octave	1,000	1000
3 : 2	1 : $\frac{3}{2}$	Quinte	0,585	585
4 : 3	1 : $\frac{4}{3}$	Quarte	0,415	415
5 : 4	1 : $\frac{5}{4}$	Große Terz	0,322	322
6 : 5	1 : $\frac{6}{5}$	Kleine Terz	0,263	263
5 : 3	1 : $\frac{5}{3}$	Sexte	0,737	737
8 : 5	1 : $\frac{8}{5}$	Kleine Sexte	0,678	678
9 : 8	1 : $\frac{9}{8}$	Secunde	0,170	170
15 : 8	1 : $\frac{15}{8}$	Septime	0,907	907
7 : 4	1 : $\frac{7}{4}$	Kleinste Septime	0,807	807

Die Logarithmen, welche, wie schon angeführt, ein Maß des musikalischen Abstandes der betreffenden Töne vom Grundton sind, erscheinen in der obigen Uebersicht in zweierlei Weise, einmal so, daß der Octavenabstand zu 1, zum andernmal so, daß dieser Abstand gleich 1000 angenommen ist. Diese letztere Ausdrucksweise hat den Vorzug, daß für die kleineren Intervalle die Bruchzeichen wegfallen, und wir werden sie deßwegen fortan ausschließlich gebrauchen. In Beziehung auf den angenommenen Grundton hat alsdann die zweite oder Doppeloctave den Abstand 2000, die dritte Octave den Abstand 3000; der Abstand einer Octave und Quinte vom Grundton hat das Maß 1585, der Abstand zweier Octaven und einer Quarte das Maß 2415. Doch darf man nicht übersehen, daß diese Zahlen zwar sehr genäherte, aber keineswegs vollkommen richtige Maße der musikalischen Abstände sind, da die Decimalstellen von höherer Ordnung als der dritten vernachlässigt wurden.

Eine Grenze anzugeben, bei welcher die dem Ohre wohlgefälligen Zweiklänge oder Consonanzen aufhören und die widrigen, das Ohr unangenehm berührenden Zweiklänge oder Dissonanzen beginnen, ist eben so wenig möglich, als zu sagen, ob ein

Zahlenverhältniß noch als ein einfaches gelten könne oder nicht. Die Griechen betrachteten nur die Octave, die Quinte und Quarte als Consonanzen. Einer der ersten Lehrer auf dem Gebiete unserer heutigen Musik, Franco von Köln, hat im dreizehnten Jahrhundert bereits eine Eintheilung versucht, welche sich unter dem folgenden Schema darstellt:

Consonanzen			Dissonanzen	
Vollkommene	Mittlere	Unvollkommene	Unvollkommene	Vollkommene
Einklang	Quinte	Große } Terz	Kleine } Sexte	Secunde.
Octave	Quarte	Kleine } Terz	Große } Sexte	Septime.

Die Quinte ergänzt die Quarte gerade zu einer Octave, da 585 + 415 = 1000 ist. Ebenso wird die große Terz von der kleinen Sexte, die kleine Terz von der großen Sexte zu einer Octave ergänzt. Man nennt darum auch wohl die Quarte die Umkehrung der Quinte, große und kleine Terz die Umkehrungen der kleinen und großen Sexte. Die beiden Sexten werden heutzutage noch unter die Consonanzen gerechnet und an der Stelle von Franco's Eintheilung ist vielmehr die folgende anerkannt:

Consonanzen		Dissonanzen	
Vollkommene	Unvollkommene	Unvollkommene	Vollkommene
Octave	Große u. kleine Terz	Große Secunde	Alle übrigen
Quinte	Große u. kleine Sexte	Kleine Septime	Intervalle.
Quarte.			

Wie dem aber sein möge, in dem Satze, daß wohlgefälliges Zusammenklingen mit einfachem Verhältniß der Schwingungszahlen Hand in Hand geht, bleibt für alle Zeiten ein Grundgesetz der Musik ausgesprochen, ein Gesetz, welches man im Alterthum zwar schon kannte, aber ohne es in seiner ganzen Bedeutung zu erfassen und ohne die Fruchtbarkeit zu ahnen, welche es während der letzten acht Jahrhunderte in der Kunst des harmonischen Satzes in so bewundernswürdiger Weise entfaltet hat. Die Geschichte der Entwicklung der Musik lehrt zwar, daß das Genie der Componisten, welche neue Eroberungen auf dem Felde der Harmonik machten, nicht durch eine mathematische Theorie geleitet war; und es ist einleuchtend, daß ihre Kenntniß so wenig den Componisten machen kann, wie Grammatik und Metrik den Dichter, wie der Canon des Polyklet den Bildhauer; die Geschichte lehrt aber auch, daß

irrige Meinungen im Gebiete der Musik geherrscht haben, daß man in den ersten Zeiten nur nach mannichfachen Schwankungen und Widersprüchen sich über die einfachsten Grundsätze der Harmonik einigte, daß im Gegentheil heutiges Tages durch die Aufklärung, welche die Theorie gegeben, eine nicht mehr zu trübende Ordnung in unser Tonsystem durch Einführung der gleichschwebenden Temperatur gebracht worden ist. Nur Unwissenheit und angeborener Widerwille gegen jede klare Einsicht mögen geringschätzig denken von dem Zusammenhange arithmetischer Bestimmungen mit psychologischen Eindrücken, welcher der Musik eine besondere Bedeutung für eine zukünftige Erforschung der Seelenthätigkeit, für eine dereinstige positive Psychologie verleihen muß. Dem Spanier Eximeno, welcher als moderner Aristoxenus gegen Ende des 18. Jahrhunderts in einer besonderen Schrift darzuthun sich bestrebte, „daß die Musik keinen Zusammenhang mit der Mathematik hat" schlossen sich, außer dem unvermeidlichen Drieberg, Krieger und Stehlin an. Schwer ist es zu begreifen, daß ein Musiker von so hoher Bildung, wie Kiesewetter, einem gleichen Irrthum sich hingeben konnte.*) Es ist wahr, daß die mathematische Theorie sich nur erst der einfachsten Grundlagen des Tonsystems und der Harmonik bemächtigt hat, daß sie noch nicht gleiche Einsicht in das Wesen der zusammengesetzteren Akkorde gewährt und über die Güte einer Auflösung dissonirender Klänge, über die Zulässigkeit einer Modulation zu entscheiden noch keineswegs befähigt ist. Der empirisch gebildete Kunstgeschmack und das feine Gehör sind in diesen Gebieten noch eben so gut alleinige Richter, wie bei dem Bau musikalischer Instrumente. Wenn von der Akustik das Problem der Tonhöhe, die einfache Stimmung der musikalischen Instrumente noch nicht überall gelöst ist, so wird diese Wissenschaft

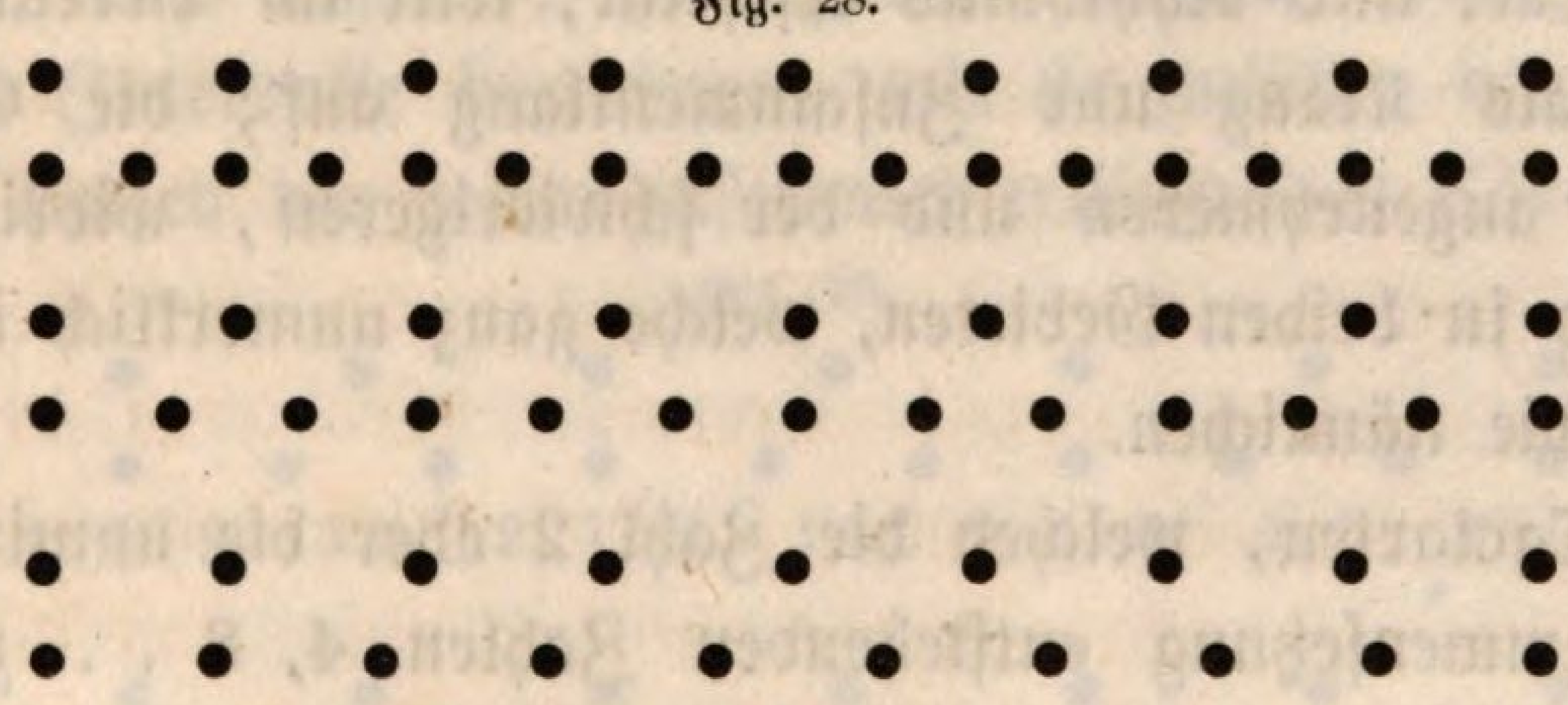
*) Die genannten Musiker haben ihren Widerspruch meist durch sehr unvollkommene Messungen an Saiten und Pfeifen zu begründen versucht, welchen sie zudem noch eine mißverstandene Auslegung gaben. Was würden sie sagen, wenn man ein Orchester mit Professoren der Physik, gleichgültig ob musikalisch oder nicht, besetzen und nach dem Erfolg der Ausführung den musikalischen Werth einer Beethoven'schen Symphonie beurtheilen wollte? Mancher physikalische Apparat ist schwieriger zu spielen, als eine Trompete oder Baßgeige

noch weniger im Stande sein, zu zeigen, welches die physischen Bedingungen der verschiedenen Klangarten sind; worin es liegt, daß Berlioz der Oboe einen ländlichen Character voll Zärtlichkeit und Schüchternheit, dem Horne Schwermuth, der Posaune Adel und Hoheit, der Trompete Kraft und Glanz zusprechen konnte. Der Mathematiker und Physiker, welcher mit Erfolg in die Theorie der Tonkunst weiter eindringen will, wird der Führung des feinen Kunstgeschmackes, welcher ihm so lange schon und so weit voranging, gerne folgen, ungleich jenen „dürren Zahlenmännern und blosen Akustikern", welche Schilling in seiner Aesthetik der Tonkunst geißelt, weil sie den „psychischen" Character der Instrumente läugnen. Die physikalische Lösung der angedeuteten Probleme wird immer schließlich auf durchaus materielle Ursachen zurückführen, sie wird eine sehr nüchterne sein, verglichen mit den überschwänglich poetischen Ergießungen, in welchen sich viele Schriftsteller über Character der Tonarten, der Tongeschlechter, sowie der musikalischen Instrumente ausgelassen, aber auch einander vielfach widersprochen haben.

Möge uns ein Versuch gestattet sein, den psychologischen Grund jenes merkwürdigen Gesetzes, wonach die Consonanz von der Einfachheit des Verhältnisses der Schwingungszahlen abhängig ist, dem Verständniß des Lesers näher zu führen. Es kann dieß kaum besser geschehen, als mit den folgenden Worten eines unserer größten Denker: „Der Genuß der Musik ist eigentlich nur eine unbewußt verlaufende arithmetische Thätigkeit des Geistes; denn es irren Diejenigen sehr, welche glauben, Alles was in der Seele vorgehe, müsse nothwendig auch zum Bewußtsein kommen. Obgleich also die Seele nur unbewußt die Zahlen erfaßt, empfindet sie dennoch die aus dieser Beschäftigung hervorgehende Wirkung, angenehm bei den Consonanzen, unangenehm bei den Dissonanzen." Da die Schwingungszahl durchaus die einzige Bedingung der Tonhöhe ist, so leuchtet ein, daß das Auffassen des Höhenverhältnisses zweier gleichzeitig erklingenden Töne unmöglich auf einer anderen Thätigkeit beruhen kann, als auf einem, wenn auch unbewußten Erfassen des Verhältnisses der Schwingungszahlen. Die Leichtigkeit, womit dieser Act bei einfachen Verhältnissen verläuft, bedingt,

so ist man genöthigt weiter zu schließen, das Angenehme des psychischen Eindrucks. Denken wir uns einen Beobachter in die Lage versetzt, gleichzeitig die Schwingungen zweier vor seinen Augen oscillirenden Pendel zählen zu müssen. Mit Befriedigung wird derselbe wahrnehmen, daß ein einfaches Verhältniß zwischen den Schwingungszeiten beider Pendel besteht, daß das eine zwei Schwingungen vollendet, während das andere eine macht, oder daß drei Schwingungen des ersten auf zwei Schwingungen des zweiten gehen. Wie wesentlich wird durch ein solches Verhältniß das gleichzeitige Erfassen beider Schwingungszahlen erleichtert, wie peinigend dagegen müßte jene Aufgabe sein, wenn das Verhältniß beider Schwingungszahlen ein weniger einfaches wäre, wenn 15 Schwingungen des ersten Pendels auf 8 oder auf 16 Schwingungen des zweiten gingen. Unser Beispiel ist mehr als eine blose Analogie. Die tönenden Körper sind in der That schwingende Pendel, sie bewegen sich absolut nach denselben Gesetzen, der Gehörnerv schätzt die Tonhöhe nach der Häufigkeit der Schwingungen; diese verlaufen aber zu rasch, als daß der Geist Zeit fände, sich Rechenschaft über seine eigne Thätigkeit zu geben, oder die gefundenen Schwingungsmengen im Bewußtsein zu registriren. Beim Ueberschauen der folgenden Reihen gewahrt man sogleich, daß in dem

Fig. 28.



ersten System ein Intervall der oberen Reihe auf zwei der unteren, daß in dem zweiten System zwei Intervalle der oberen Reihe auf drei der unteren kommen. Es bedarf dagegen längere Aufmerksamkeit, um zu ermitteln, daß in dem dritten System acht Intervalle der oberen Reihe auf neun der unteren gehen. Es bilden aber die Verhältnisse 1 : 2 und 2 : 3 die besten Consonanzen; 8 : 9, oder die Secunde, gehört dagegen unbestritten zu den Dissonanzen.

Man verstößt nicht im Mindesten gegen die Natur der Sache, wenn man den Eindruck der Wellenschläge, welche einen Ton formiren, oder welche zwei oder mehren gleichzeitig erklingenden Tönen angehören, also jedenfalls mit einer Geschwindigkeit verlaufen, welche sie dem Gebiet des Zählbaren entrückt, wenn man diesen Eindruck an Wellenschlägen langsameren Tempo's, die noch ins Gebiet des Zählbaren fallen, nachzuweisen und zu verstehen sucht. Der Leser erinnert sich noch des Beispiels der Tonerzeugung, welches wir in dem ersten Capitel anführten. Ein rotirender Stab verursacht bei jedem Durchgange durch eine enge Spalte einen Knall, und diese einzelnen Schläge verweben sich bei steigender Drehungsgeschwindigkeit zu einem zusammenhängenden Ton, dessen Höhe nicht durch die Tonstufe des einzelnen Knalles, sondern durch die Anzahl der Wiederholungen in einer Secunde bedingt ist. Gerade dann, wenn der continuirliche Eindruck beginnt, hört die Zählbarkeit der gesonderten Eindrücke auf, das Niveau des Tones schwillt an, bis es endlich die letzten Spuren der einzelnen Wellengipfel zudeckt. Allein jene Grenze, an welcher die Elementarpulse beginnen gesondert empfunden zu werden, kann durch Verstärkung derselben, selbst durch gesteigerte Aufmerksamkeit und durch Uebung des Beobachters hinausgeschoben werden. Was in dem einen Gebiete als Zeitmaß, Tact und Rhythmus erscheint, tritt im Bereiche des Unzählbaren als Klang und Zusammenklang auf; die Gesetze der leichteren, angenehmeren und der schwierigeren, widrigeren Auffassung sind in beiden Gebieten, welche ganz unmerklich in einander verlaufen, die nämlichen.

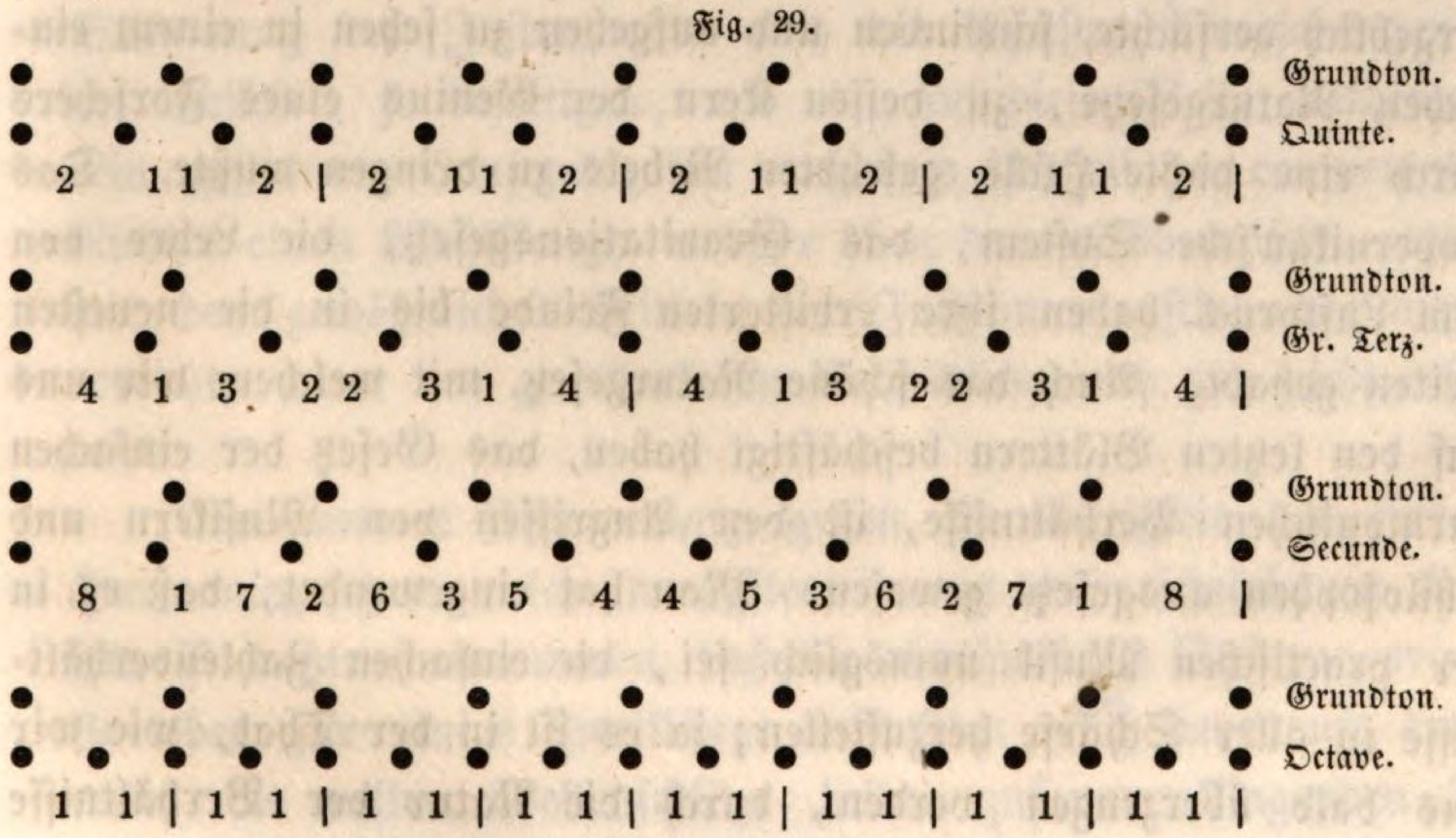
Die Tactarten, welchen die Zahl 2 oder die unmittelbar aus ihrer Zusammensetzung entstehenden Zahlen 4, 8 . . zu Grunde liegen, tragen offenbar den Character des Einfachen und Ruhigen; die dreitheiligen Tactarten sind lebendigerer Art; die fünftheiligen sind schwieriger zu übersehen und wirken darum aufregend, bei den siebentheiligen sind die Schwierigkeiten bis zum Störenden gewachsen, und Tactarten von noch höherer Ordnung, wie 11, 13 oder 17theilige erscheinen als völlig unbrauchbar, da sie den Zweck des Tactes, dem Geiste Ruhe und Anhaltspunkte zur erleichterten Erfassung der Musik zu bieten, gar nicht mehr erfüllen. Vergleichen wir

hiermit die Wirkung derselben Verhältnisse im Gebiete des Unzählbaren, im Tongebiete. Die Schwingungsverhältnisse aller anerkannten Consonanzen, der Octave, Quinte, Quarte, der Terzen und Sexten sind aus den Zahlen 2, 3 und 5 zusammengesetzt; und schon den complicirteren Verbindungen aus diesen Zahlen $\frac{6}{5}$ und $\frac{8}{5}$ klebt der Character der unvollkommeneren Consonanz an, bei noch höheren Verbindungen $\frac{9}{8}$ und $\frac{15}{8}$ ist die Dissonanz ausgesprochen.

Ueber die Einführung der Zahl 7 in unser Tonsystem ist schon gestritten worden und obgleich die auf ihr beruhenden Zusammenklänge das Bürgerrecht nicht erlangt haben, so ist es doch wahrscheinlich, daß die große Bedeutung, welche die kleine Septime in unsern Harmoniegeweben erlangt hat, auf die Annäherung ihres Schwingungsverhältnisses an die noch ziemlich einfache Combination $\frac{7}{4}$ sich gründet. Chladni behauptet, der reine Ton $\frac{7}{4}$ werde im Volksgesang nicht selten gebraucht, ja selbst die Töne $\frac{11}{8}$ und $\frac{13}{8}$ will er in schwäbischen Volksweisen gehört haben. Dem in künstlerischer Anerkennung stehenden musikalischen Gebiete sind diese Töne aber entschieden fremd.

Unter den folgenden Punktsystemen, welche die Wellenschläge des Grundtones und der Quinte, des Grundtones und der großen Terz, des Grundtones und der Secunde, endlich des Grundtones und der Octave angeben, sind Zahlen angeschrieben, welche die Größe der Intervalle bezeichnen, wie sie zwischen den ineinander greifenden Pulsen der beiden zusammen erklingenden Töne verfließen.

Fig. 29.



Die Periode des Quintenzweiklangs ist nur viergliedrig, sie wurde in 6 gleiche Zeittheile zerlegt angenommen, die achtgliedrige Periode der großen Terz ist in 20, die sechszehngliedrige Periode der Secunde ist in 72 gleiche Zeittheile eingetheilt und die unter den Punktreihen stehenden Ziffern geben an, wie viel solcher Zeittheile jedes Intervall zwischen zwei zunächst sich folgenden Wellenschlägen enthält. Wie einfach oder einförmig gestaltet sich diese Abtheilung bei der Octave! Je einfacher in ihrer inneren Eintheilung und von je weniger Gliedern diese rhythmischen Perioden sind, desto gefälliger ist der Zusammenklang der beiden Wellensysteme dem Ohr. Diese rhythmischen Perioden bilden die Elementarbestandtheile des Accords, wie die einzelnen Wellenschläge die des Tones.

Die Wirkung aufeinander folgender Eindrücke stellt sich in den verwandten Gebieten des Tactes und Tones in folgender Weise übersichtlich dar:

Ursache	Wirkung im Tactgebiete	Wirkung im Tongebiete
Unregelmäßige Eindrücke	Ohne Bedeutung	Geräusch
Isochrone einfache Eindr.	Zeitmaß	Einfacher Ton
Rhythmische Systeme	Musikalischer Tact und Versmaß	Consonanz oder Dissonanz.

Es giebt und gab zu allen Zeiten eine gewisse Klasse geistiger Organisationen, welchen das Einfache widerstrebt, welche es mit Trauer erfüllt, Schwierigkeiten, an deren Classificirung sich ihre Gelehrsamkeit bewährte, an deren Aufwickelung ihr Scharfsinn sich vergeblich versuchte, schwinden und aufgehen zu sehen in einem einfachen Naturgesetze, zu dessen Kern der Genius eines Forschers durch eine dichte Hülle gelehrten Nebels zu dringen wußte. Das Kopernikan'sche System, das Gravitationsgesetz, die Lehre von dem Luftdruck haben ihre erbitterten Feinde bis in die neuesten Zeiten gehabt. Auch das schöne Naturgesetz, mit welchem wir uns auf den letzten Blättern beschäftigt haben, das Gesetz der einfachen harmonischen Verhältnisse, ist den Angriffen von Musikern und Philosophen ausgesetzt gewesen. Man hat eingewendet, daß es in der practischen Musik unmöglich sei, die einfachen Zahlenverhältnisse in aller Schärfe herzustellen; ja es ist in der That, wie wir uns bald überzeugen werden, durch die Natur der Verhältnisse

geboten, von der Reinheit mancher Intervalle etwas zu opfern, und doch erfreut man sich an der Orgel, am Clavier des Wohlklangs der Consonanzen. Gesetzt, man habe zu einem Grundtone von 800 Schwingungen anstatt der Quinte von 1200, eine Quinte von 1199 Schwingungen in der Secunde, so ist es eine anerkannte Thatsache, daß diese Quinte noch die schönste Consonanz giebt, und doch ist das Verhältniß von 800 : 1199 kein einfaches mehr, es ist viel weniger einfach, als etwa das von 800 : 1500, das der großen Septime; und doch dissonirt diese letztere entschieden. Für uns ist diese Thatsache ein Beweis, daß dem Ohre in der Feinheit der Tonschätzung, welcher Ausbildung es auch in dieser Beziehung fähig sein möge, dennoch gewisse Grenzen gesteckt sind, so daß eben ein Unterschied, wie er zwischen den Zahlen 1199 und 1200 besteht, nicht unangenehm empfunden wird, weil er der Wahrnehmung ganz entgeht. Wenn wir die Figur 28 nochmals ins Auge fassen, so erkennen wir sogleich, daß es die Absicht des Künstlers war, gewisse Punkte der beiden Reihen eines Systems gerade untereinander zu setzen. Dennoch, wenn wir die mathematischen Mittelpunkte dieser schwarzen Flecken sehen, wenn wir ihre Abstände mehre tausendmal vergrößert vergleichen könnten, würden wir ohne Zweifel Mängel entdecken. So wie wir die Sache aber nun einmal sehen, scheinen die Punkte untereinander zu stehen, die Figur hat die beabsichtigte Wirkung und dieß genügt. Wir werden übrigens in der Folge ein indirectes Mittel kennen lernen, bei der Stimmung der Instrumente auch die kleinsten Abweichungen von der Reinheit zu beseitigen, und eine auf diese Weise mathematisch rein gestimmte Consonanz hat nach dem Urtheil der competentesten Richter einen Wohlklang, welcher eben darum überrascht, weil er mit den gewöhnlichen Mitteln der Instrumentenstimmung niemals erreicht, unter den gewöhnlichen Umständen auch gar nicht erstrebt wird.

Eine andere Einwendung gegen die Giltigkeit des einfachen Harmoniegesetzes, welche wenigstens etwas mehr scheinbaren Grund hat, ist daraus entnommen, daß die rhythmischen Systeme, wie wir sie oben für einige Zweiklänge aufstellten, sich bedeutend ändern, wenn die ersten Wellenschläge beider zusammenklingenden Töne

nicht gerade scharf zusammenfallend angenommen werden; und man muß eine solche Verschiebung zugeben, da sie bei der practischen Ausführung gar nicht zu vermeiden sein wird. Lassen wir z. B., wie in folgendem Schema, den Anfang der Quinte gegen den des

Fig. 30.



Grundtones um den sechsten Theil von dessen Wellenintervall sich verschieben, so ist die rhythmische Periode in 12 gleiche Theile zu theilen, sie ist im Innern weniger einfach geordnet, als es unter den Verhältnissen der Figur 28 der Fall war; allein diese rhythmische Periode ist darum nicht länger geworden; sie wiederholt sich rascher und ist darum leichter zu erfassen als diejenige der Terz oder jedes andern Intervalls von höheren Verhältnißzahlen unter den günstigsten Umständen sein kann.

Eine kleine Abweichung von der absoluten Reinheit äußert nothwendig ihren Einfluß auf die Beschaffenheit der rhythmischen Perioden. Dieselben ändern sich unausgesetzt durch die kleine Verschiebung, welche vermöge jener Abweichung die eine Wellenreihe gegen die andere erfährt. Aber die Aenderung ist eine so allmälige, daß die Perioden auf große Strecken hin die größte Aehnlichkeit beibehalten und das Ohr durch die leisen Aenderungen hingeführt wird, ohne dieselben störend zu empfinden. Je länger eine rhythmische Periode an sich, je unvollkommener also die Consonanz ist, welcher sie angehört, desto weniger wird eine solche allmälige Aenderung dem Ohre auffällig sein. Es ist ein anerkanntes musikalisches Factum, daß eine Consonanz um so mehr Abweichung von der Reinheit verträgt, je unvollkommener sie an sich ist. Bei der Octave ist auch die geringste Abweichung völlig unstatthaft.

Wie das Dreieck in der Geometrie, so ist der harmonische Dreiklang in der musikalischen Architectonik als Grundelement zu betrachten. Wenn ein consonirender Dreiklang über einem Grundton aufgebaut werden soll, so können, da jeder der drei Töne mit jedem der beiden anderen eine Consonanz bilden muß, begreiflicher Weise nur die bereits bekannten, im Zweiklang consonirenden Töne verwendet werden:

Grundton	Kleine Terz	Große Terz	Quarte	Quinte	Kleine Sexte	Große Sexte.
1	$\frac{6}{5}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{5}{3}$

Die beiden Töne, welche außer dem Grundton in den Dreiklang eingehen, dürfen keinen kleineren Abstand unter sich haben als eine kleine Terz, da jedes kleinere Intervall unter die dissonirenden fällt. Es lassen sich unter diesen Bedingungen nicht mehr, als die sechs folgenden consonirenden Verbindungen bilden:

I.

Grundton		Große Terz		Quinte	Großer Dreiklang oder Duraccord.
4	:	5	:	6	
Grundton		Kleine Terz		Kleine Sexte	Durfextaccord.
5	:	6	:	8	
Grundton		Quarte		Große Sexte	Durquartsextaccord.
3	:	4	:	5	

II.

Grundton		Kleine Terz		Quinte	Kleiner Dreiklang oder Mollaccord.
10	:	12	:	15	
Grundton		Große Terz		Große Sexte	Mollsextaccord.
12	:	15	:	20	
Grundton		Quarte		Kleine Sexte	Mollquartsextaccord.
15	:	20	:	24	

Da die Versetzung eines Tones um eine Octave abwärts oder aufwärts, wegen der innigen Verwandtschaft der Octaven, nicht als eine wesentliche harmonische Aenderung betrachtet werden kann, so ergiebt sich demnach die nahe Verwandtschaft der drei Accorde der ersten Gruppe. Wenn man den obersten Ton des zweiten Accords um eine Octave herunter, den untersten Ton des dritten Accords um eine Octave hinauffetzt, so nehmen sie beide das Schwingungsverhältniß 4 : 5 : 6 des ersten Accords an. Verfährt man ganz analog mit dem zweiten und dritten Accord der anderen Gruppe, so kommt ihr Schwingungsverhältniß auf dasjenige des ersten Accordes dieser Gruppe, nämlich 10 : 12 : 15 zurück. Diese beiden Accorde nun:

Duraccord	Mollaccord
4 : 5 : 6	10 : 12 : 15

bilden die harmonische Grundlage der beiden in unserer heutigen Musik unterschiedenen Tongeschlechter. So lange man Harmonieverbindungen kennt, gehörten diese nothwendig einem jener Geschlechter an; allein erst seit dem Beginne des 18. Jahrhunderts

hat die Theorie diese Eintheilung offen anerkannt und principiell begründet. Nichts kann übrigens weniger gerechtfertigt sein, als die Namen des harten und weichen Dreiklangs, welche man diesen Accorden giebt. Die größere Einfachheit der dem ersteren Dreiklang zu Grunde liegenden Schwingungsverhältnisse beweist es von Vornherein und das unbefangene Ohr bestätigt es, daß die Durharmonieen vollkommener, daß sie reiner sind, als die Mollharmonieen, so gewiß, als die große Terz eine vollkommenere reinere Consonanz mit dem Grundton giebt, als die kleine Terz. Es widerspricht diese Folgerung keineswegs dem Gebrauche, welcher von diesen beiden Klassen von Harmonieverbindungen gemacht wird, insofern die Durharmonieen vorzugsweise zum Ausdrucke kräftiger, entschieden ausgesprochener und freudiger Empfindungen, die Mollharmonieen dagegen zum Ausdruck der innerlich verhaltenen Empfindungen der Trauer und des Schmerzes verwendet werden.

Jedem der beiden Tongeschlechter kommt eine gewisse Tonfolge vom Grundton bis zur Octave, eine Tonleiter zu, welche diejenigen Töne enthält, die in den auf dem angenommenen Grundton basirten Harmonieverbindungen des Tongeschlechtes verwendbar sind. Die dritte Stufe, im einen Fall die große, im andern Falle die kleine Terz, ist es, welche das Tongeschlecht kennzeichnet.

Durtonleiter

Grundton	Secunde	Terz	Quarte	Quinte	Sexte	Septime	Octave
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2
0	170	322	415	585	737	907	1000

Molltonleiter

Grundton	Secunde	Terz	Quarte	Quinte	Sexte	Septime	Octave
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{8}{5}$	$(\frac{9}{5})$ $\frac{15}{8}$	2
0	170	263	415	585	678	(848) 907	1000

Aus diesen Tonleitern erklären sich die Namen, welche wir seither für die darin vorkommenden Intervalle gebraucht haben, von selbst, indem diese nichts Anderes bedeuten, als zweite, dritte, vierte bis achte Stufe, vom Grundtone aus gerechnet. Aus den beigesetzten Schwingungsverhältnissen aber ersieht man, daß dieselben sämmtlich aus den einfachen Zahlen 2, 3 und 5 gebildet sind, daß dagegen die Zahl 7, sowie noch höhere Primzahlen 11, 13 . .

ausgeschlossen sind. Man darf darum mit Recht diese Tonfolgen, weil sie ausschließlich aus solchen Tönen bestehen, welche nach dem Gesetz des Zweiklangs nahe verwandt sind, natürliche Tonleitern nennen, und man darf mehr als einen Zufall darin finden, wenn man gewahrt, daß beinahe allerwärts und zu allen Zeiten, wo die Musik sich über die ersten rohen Anfänge erhob, jene Tonfolgen, oder doch sehr nahe verwandte, sich herausbildeten.

Wiederholen wir von der Octave ab dieselbe Folge von Tönen bis zu den Grenzen des musikalischen Tonsystems, so erhalten wir für das Durtongeschlecht von dem Tone von 16,5 bis zu dem von 4224 Schwingungen also innerhalb 8 Octaven 7 . 8 oder 56 Töne. Es sind diejenigen, welche auf dem Pianoforte durch die Untertasten angeschlagen werden und dieses Instrument enthält in seinen sieben Octaven deren 7 . 7 = 49. Wenn man der Durtonleiter noch die Secunde der Octave, in Beziehung auf den Grundton auch die None genannt, zusetzt, also

Grundton	Secunde	Terz	Quarte	Quinte	Sexte	Septime	Octave	None
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2	$\frac{9}{4}$

so sieht man, daß nicht nur über dem Grundton, sondern auch über den beiden diesem verwandtesten Tönen, der Quinte und Quarte, der große Dreiklang aufgebaut werden kann. Es stehen $1 : \frac{5}{4} : \frac{3}{2}$ in dem nämlichen Verhältniß, wie $\frac{3}{2} : \frac{15}{8} : \frac{9}{4}$ und $\frac{4}{3} : \frac{5}{3} : 2$. Wenn man für die Molltonleiter die nämliche Anforderung stellt, so muß die große Septime in die kleine Septime, die große Sexte in die kleine Sexte übergehen. Die Componisten geben jedoch nur die letztere Verwandlung zu und behalten die große Septime bei aus einem Grunde, auf welchen wir bei Betrachtung der Vierklänge zurückkommen. Dem Umstande, daß man beim Spielen der Molltonleiter, um die ungewöhnlich große Stufe von der kleinen Sexte zur großen Septime zu vermeiden, beim Aufwärtsgehen die große Sexte und große Septime, beim Abwärtsgehen die kleine Septime und kleine Sexte anwendet, haben wir keine weitere Aufmerksamkeit zu schenken, da diese willkürlichen Operationen für den Organismus der Mollharmonieen ohne alle Bedeutung sind.

Das Tonsystem der Griechen umfaßte wenig mehr als zwei Octaven. Da die Instrumentalmusik bei diesem Volke fast ausschließlich eine dienende Begleiterin des Gesanges und der getragenen Rede war, da man nur im Einklang begleitete und Frauen in Gesang und Musik sich selten hören ließen, so kann es nicht befremden, nur diejenigen Töne im griechischen Tonsystem wiederzufinden, welche der Lage der Männerstimme entsprechen, die Töne zwischen 110 und 495 Schwingungen.

Es hat für unsere Aufgabe kein Interesse, die verwickelte Art der griechischen Tonbezeichnung durch Buchstaben zu erörtern. Schon vor dem neunten Jahrhundert, vielleicht schon vor Gregor dem Großen, wurde die Bezeichnung dadurch vereinfacht, daß nur die sieben ersten Buchstaben des Alphabets für die sieben Stufen der Tonleiter angewendet und für die beiden weiter noch gebräuchlichen Octaven in folgender Weise wiederholt wurden :

110	123,3	132	148,5	165	176	198	220	247,5	264	297	330	352	396	440	495	528
A	B	C	D	E	F	G	a	b	c	d	e	f	g	aa	bb	cc

Baß Tenor Alt.

Die von A oder von B aus gerechneten Tonleitern schreiten durch kleine Terzen fort. Als man die Wichtigkeit der Durtonleiter zu erkennen begann, wurde es gebräuchlich, von den Grundtönen C, c, cc . . auszugehen, und sie als Octavengrenzen zu betrachten. Heutzutage werden die Töne

16,5 33 66 132 264 528 1056 2112 4224

sämmtlich c genannt. Sie umschließen acht Octaven. Die Anlehnung an die in der griechischen Musik gebräuchlichen und in der Saitenstimmung der Lyra fixirten Tetrachorde führte zu dem Bedürfnisse, zwischen a und b noch einen Ton einzuschalten, als reine Quarte von F, wie dieses reine Quarte von C ist. Die Bezeichnung b wurde auf diesen neuen Ton übertragen, so daß die Töne

C D E F G a b

zwei in einander gefügte Tetrachorde darstellten.

Die ihres Namens beraubte Septime wurde dafür mit dem Buchstaben h entschädigt, so daß in der heutigen sogenannten

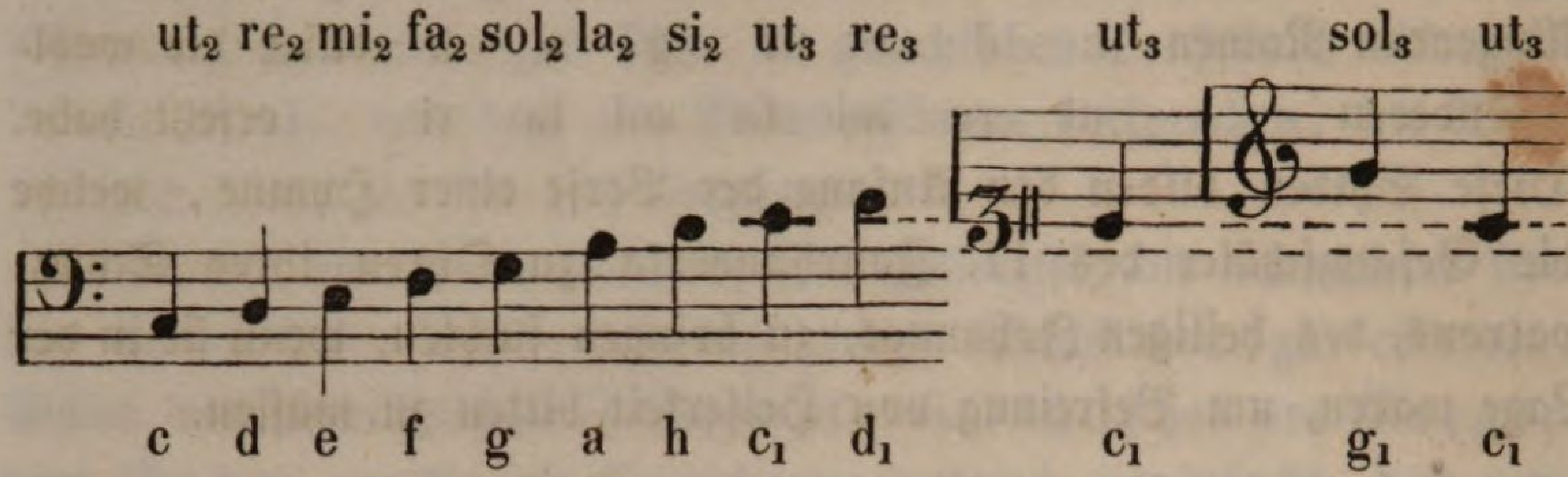
diatonischen Tonleiter die Ordnung des Alphabets aufgehoben ist. — Es ist eines der zahlreichen musikalischen Verdienste, welche die Geschichte, sei es mit Recht oder Unrecht, dem im 11. Jahrhundert thätigen Gesangsreformator Guido von Arezzo zugeschrieben hat, daß er die bei der Gesangsübung wenig wohlklingenden Namen c d e f g a h durch die wohltönenderen ut re mi fa sol la si ersetzt habe. Diese Sylben bilden den Anfang der Verse einer Hymne, welche die Gesangschüler des 11. Jahrhunderts zu Ohren ihres Schutzpatrons, des heiligen Johannes, zu bringen suchten, wenn sie in der Lage waren, um Befreiung von Heiserkeit bitten zu müssen.

Ut queant laxis *re*sonare fibris
*Mi*ra gestorum *fa*muli tuorum
*So*lve polluti *la*bii reatum
*S*ancte *J*ohannes.

Die Guidonische Bezeichnung ist noch heutzutage bei den romanischen Völker die allein gebräuchliche.

Seit dem 10. Jahrhundert sind mannichfache Versuche gemacht worden, die Töne und ihre gegenseitige Lage auf eine kürzere und übersichtlichere Weise zu bezeichnen, als durch Buchstaben. Quadratische, kreisförmige Figuren oder auch Punkte wurden gewählt und durch die auf- und abwärts verschobene Lage derselben der musikalische Abstand der durch sie bezeichneten Töne ausgedrückt. Schon vor Guido's Zeit bediente man sich zur mehren Deutlichkeit einer, zweier, oder mehrer Linien, an deren vorderem Ende durch Buchstaben der Ton angegeben war, welchen das auf eine solche Linie gesetzte Notenzeichen bedeuten sollte. Von manchen musikalischen Schriftstellern und Componisten wurden die Systeme bis auf 12 Linien erweitert und diese Schreibart hat sich für Instrumentalmusik, namentlich für das Clavier, theilweise bis ins 17. Jahrhundert erhalten. Erst mit der im Jahre 1502 von Ottavio Petrucci gemachten Erfindung des Notendrucks mit beweglichen Lettern gewann die Notenschrift mehr Zierlichkeit; es verschwanden die unförmlichen, bis zu zwei Zoll hohen Noten aus den Sammlungen der Kirchenmelodieen. Jetzt ist man daran gewöhnt, mit fünf Notenlinien auszureichen, indem man die weiter

hinaus liegenden Linien nur durch kurze Striche durch den Hals und den Kopf der Noten andeutet und durch gewisse Symbole, sogenannte Schlüssel, den auf gewissen Linien stehenden Noten eine andere Stellung im Tonsystem anweist.



Bei Anwendung des vorstehenden, sogenannten Baß oder F-schlüssels, welcher der Note auf der vierten Linie die Bedeutung des f von 176 Schwingungen giebt, steht das c von 132 Schwingungen zwischen der zweiten und dritten Linie, die Octave von 264 Schwingungen hat einen Strich durch den Kopf der Note. Es wird dieses c in der Musik das eingestrichene genannt und mit c_1 bezeichnet, die ganze Octave, dessen Grundton es ist, heißt die eingestrichene Octave. Zur leichteren Uebersicht findet der Leser hier die Bezeichnung der Grundtöne sämmtlicher in der Musik gebräuchlichen Octaven, sowohl nach der in Deutschland, als nach der in Frankreich üblichen Weise:

		Deutsche Bezeichnung	Schwingungszahlen	Wellenlängen bei 17° C.	Französische Bezeichnung	Bezeichn. in dieser Schrift
				Par. Fuß		
Doppeltes Contra	C	$\underline{\underline{C}}$	16,5	64	ut_{-2}	C_{-2}
Contra	C	$\underline{C}$	33	32	ut_{-1}	C_{-1}
Großes	C	C	66	16	ut_1	C
Kleines	C	c	132	8	ut_2	c
Eingestrichenes	C	$\bar{c}$	264	4	ut_3	c_1
Zweigestrichenes	C	$\bar{\bar{c}}$	528	2	ut_4	c_2
Dreigestrichenes	C	$\bar{\bar{\bar{c}}}$	1056	1	ut_5	c_3
				Par. Zoll		
Viergestrichenes	C	$\bar{\bar{\bar{\bar{c}}}}$	2112	6	ut_6	c_4
Fünfgestrichenes	C	$\bar{\bar{\bar{\bar{\bar{c}}}}}$	4224	3	ut_7	c_5

Die Bedeutung der beiden anderen oben verzeichneten Schlüssel, des G- oder Violinschlüssels, und des C- oder Discantschlüssels, erläutert sich nach dem Vorausgegangenen von selbst.

Wären die Völker, welche im Alterthum und im Mittelalter Träger der Cultur gewesen sind, wären die Inder, Aegypter, Chinesen, Griechen, Römer, Perser und Araber im Besitz einer Notenschrift gewesen, welche sich der heutzutage üblichen nur einigermaßen vergleichen könnte, so würde die Geschichte der Musik jener Nationen einen reicheren materiellen Stoff darbieten, die Geschichte der griechischen Musik würde etwas mehr sein, als ein Gewirr sich widersprechender Ansichten und Hypothesen, welche allein aus den Werken der Theoretiker geschöpft sind und noch nicht einmal dahin geführt haben, die Beschaffenheit der griechischen Tonleitern unzweideutig festzustellen.

Betrachten wir zunächst die dem Dur- und Molltongeschlecht zu Grunde liegenden Scalen bezüglich der in denselben vorkommenden musikalischen Intervalle :

Durtonleiter.

	Grundton	Secunde	Terz	Quarte	Quinte	Sexte	Septime	Octave
Schwingungsverhältniß	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2
Intervalle		$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$
Logarithmen		170	152	93	170	152	170	93

Molltonleiter.

	Grundton	Secunde	Terz	Quarte	Quinte	Sexte	Septime	Octave
Schwingungsverhältniß	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{15}{8}$	2
Intervalle		$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{75}{64}$	$\frac{16}{15}$
Logarithmen		170	93	152	170	93	229	93

Außer dem großen Intervall zwischen Sexte und Septime der Molltonleiter begegnet man in beiden Scalen nur drei verschiedenen Intervallen, welche sammt dem Abstand $\frac{25}{24}$, welcher zwischen der kleinen und großen Terz besteht, mit folgenden Namen bezeichnet sind :

	Intervalle	Logarithmen
Großer ganzer Ton	$\frac{9}{8}$	170
Kleiner ganzer Ton	$\frac{10}{9}$	152
Großer halber Ton	$\frac{16}{15}$	93
Kleiner halber Ton	$\frac{25}{24}$	59

Die Musikwissenschaft ist, namentlich in der Darstellung der älteren Theoretiker, reich an der Aufstellung noch vieler kleinerer Intervalle, deren Kenntniß jedoch bei der großen Einfachheit, welche die Theorie unseres Tonsystems angenommen hat, überflüssig geworden ist. Es genüge zu bemerken, daß der Unterschied eines großen und kleinen halben Tones 93 — 59 = 34 Diésis, der Unterschied eines großen und eines kleinen ganzen Tones 170 — 152 = 18 ein großes Komma, jedes kleinere Intervall aber Komma genannt wird.

Zur Beurtheilung der musikalischen Bedeutung dieser Intervalle können wir ganz im Geiste des Aristoxenus nur das Gehör, nicht unser eignes, sondern das feingebildete musikalische Gehör, als Richter anerkennen. Dasselbe urtheilt etwa so*): „Eine Abweichung von 2 (nach der logarithmischen Zählweise, also $\frac{2}{1000}$ Octave) ist nur mit größter Aufmerksamkeit und bei Abwesenheit jeder anderen Störung des Gehörs zu erkennen; deutlicher aber schon eine Abweichung von 3 bis 4. Eine Abweichung 6 wird zwar bei gehöriger Stille sogleich fühlbar, verliert sich aber beim Mitklingen anderer harmonirender Töne und ist bei einer mittleren Consonanz nur dem geübten Gehöre erkennbar. Eine Abweichung 12 ist im Einklang und der Octave störend, wird auch noch an den mittleren Consonanzen, Terzen und Sexten, im vollen Accorde empfunden, besonders wenn ein anderes Instrument oder Singstimmen dieselbe Consonanz rein angeben. Nur bei unvollkommenen Dissonanzen ist die Abweichung eines ganzen Komma zuläßig. Im Allgemeinen wird man $\frac{1}{3}$ Komma oder 6 als die höchste zuläßige Abweichung betrachten, da, wenn alle Instrumente dieselbe zugleich geben, die Reinheit des Spiels fast gar nicht leidet, andernfalls aber der Fehler sich im Zusammenklange beinahe völlig verliert, da das Ohr weder Zeit noch Ruhe hat, den geringen Unterschied zu empfinden. Für das Pianoforte allein würde 12 bei den unvollkommenen Consonanzen, 18 bei den unvollkommenen Dissonanzen noch zuläßig erscheinen, dagegen im Zusammenspiel mit anderen rein stimmenden Instrumenten diejenige Stumpfheit geben, welche sich bei einem

*) Opelt's Allgemeine Theorie der Musik, S. 50.

in den einzelnen Saiten jedes Tones nicht völlig rein gestimmten Pianoforte zu erkennen giebt und der Musik viel von ihrem Reize entzieht."

Wiederholten sich die obigen Tonleitern nur von Octave zu Octave, so würde für die Durtonleiter das Pianoforte nur der sogenannten Untertasten, in sieben Octaven im Ganzen 49 an der Zahl, bedürfen. Für die Molltonleiter kämen in jeder Octave noch zwei Obertasten hinzu, zwischen Secunde und Terz und zwischen Quinte und Sexte, für die kleine Terz und kleine Sexte. Ein solches Tonsystem würde das musikalisch gebildete Ohr nur wenig befriedigen, da man eine gewisse Tonfolge, eine Melodie, über einem andern Grundton, als für welchen sie gesetzt wurde, gar nicht ausführen könnte, ohne eine oder mehre Octaven auf- oder abwärts zu gehen. Es ist aber gerade ein entschiedener Vorzug unseres heutigen Tonsystems und der davon abhängigen Instrumentenstimmung, daß eine Melodie beliebig über jedem Ton als Grundton in gleicher Weise ausgeführt werden kann und die Stimmung der Instrumente sich der Ausführung eines Musikstückes in höherer oder tieferer Lage gleich geeignet erweist. Die nächsten Betrachtungen sollen zeigen, wie man diese Vorzüge zu erreichen vermochte, ohne wesentlich von den harmonischen Intervallen abzuweichen, welche vor Allem die unverrückbare Grundlage unserer heutigen Musik bilden.

Suchen wir zunächst über demjenigen Tone, welcher dem Grundton der verwandteste ist, über der Quinte G eine Durtonleiter zu errichten, ähnlich wie eine solche über dem Grundtone C besteht:

C D E F G A H c d e f g

$\frac{9}{8}$ $\frac{10}{9}$ $\frac{16}{15}$ $\frac{9}{8}$ $\frac{10}{9}$ $\frac{9}{8}$ $\frac{16}{15}$ $\frac{9}{8}$ $\frac{10}{9}$ $\frac{16}{15}$ $\frac{9}{8}$

so sind zwar die beiden ersten Intervalle nicht denjenigen der C durtonleiter absolut gleich; allein der Unterschied von nur einem Komma ($\frac{81}{80}$, oder logarithmisch 18) würde einer Melodie bei der Transposition von C dur in G dur keinen merklich verschiedenen Character verleihen; die drei folgenden Intervalle stimmen sogar vollkommen überein, aber die entschiedene Abweichung der letzten beiden Stufen erfordert die Einschaltung eines neuen Tones zwischen f und g, welcher als ganze Stufe von e aus und als durch einen Halbton

in die Octave g leitender Ton zu brauchen ist. Er muß die große Septime in Beziehung auf G sein, so daß er in Beziehung auf C die Schwingungszahl $\frac{3}{2} \cdot \frac{15}{8} = \frac{45}{16}$, in Beziehung auf den Grundton c der Octave, worin der neue Ton liegt, die Schwingungszahl $\frac{45}{32}$ hat. Dieser, sowie alle ähnlich eingeschalteten Töne, welche gegen die Töne der ursprünglichen Scale um eine halbe Stufe erhöht erscheinen, werden durch Anhängen des Sylbe is an den Namen des zunächst darunter liegenden Tones bezeichnet, und in der Notation bedeutet das Zeichen ♯ auf der betreffenden Linie oder in dem betreffenden Zwischenraum, daß jede daselbst verzeichnete Note um eine halbe Tonstufe erhöhet zu verstehen und anzugeben ist. Die Tonart G dur hat also in ihrer Tonleiter fis anstatt f und bei Anwendung des F schlüssels ein Kreuz (♯) als Vorzeichnung auf der vierten Linie.

Die höhere Quinte von G ist d. Indem wir nunmehr über diesem Tone eine Durtonleiter errichten, kommt der Ton fis als Terz zur Anwendung; die Septime aber muß durch Erhöhung von c_1 um eine halbe Tonstufe erst geschaffen werden. Die Tonleiter von d dur heißt daher:

d e fis g a h cis_1 d_1

sie hat im Notensystem zwei Kreuze vorgezeichnet.

Indem man so von Quinte zu Quinte fortgeht, bemerkt man, daß bei jeder folgenden Tonart eine neue Erhöhung und in der Vorzeichnung ein Kreuz mehr hinzukommt. Die Quinten folgen sich in der Ordnung: c, g, d, a, e, h, fis, cis, gis, dis, ais, eis, his. Die Erhöhung von e in eis wird zuerst erforderlich, als Septime des Gruntones fis. Dieser erhielt als Septime von g die Schwingungszahl $\frac{45}{32}$ im Verhältniß zum Grundtone seiner Octave. Danach kommt für eis in Beziehung auf das c seiner Octave die Schwingungszahl $\frac{45}{32} \cdot \frac{15}{8} \cdot \frac{1}{2} = \frac{675}{512}$ heraus, was von der Schwingungszahl $\frac{4}{3}$ der Quarte f nicht viel verschieden ist. Der Logarithme des ersteren Intervalls ist 399, der des letzteren 415, also nicht um ein ganzes Komma größer. Es wird darum f an der Stelle von eis als Septime von fis gebraucht werden können. Als elfte Quinte, als Grundton also der zwölften Tonart in der oben angegebenen Reihe, ist die Quarte f brauchbarer, als

die reine Septime. Die Rechnung 11 . 585 = 6435 zeigt, daß die elfte Quinte in die siebente Octave und zwar um 20 Einheiten höher fällt als die Quarte in dieser Octave, da 435 — 415 = 20.

Ganz ähnlich wird als Septime von cis an der Stelle von his der Ton c gebraucht werden können, und wenn man sich erlauben darf, ihn zugleich als zwölfte Quinte anzusehen, so fällt die dreizehnte Durtonleiter mit der ersten vollkommen zusammen und das musikalische Tonsystem schließt sich hiermit ab. Ehe wir diese Frage, welche den eigentlichen Cardinalpunkt unseres modernen Tonsystems einschließt, erörtern, werfen wir noch einen Rückblick auf die genannten zwölf Tonarten. Wenn eine und dieselbe Stufe in einer Tonleiter nicht zweimal vorkommen soll, so müssen bei der Notation von fis dur sechs Kreuze, bei cis dur sieben Kreuze vorgezeichnet werden. Die letztere Tonart hätte dann folgende Scale

cis dis eis fis gis ais his cis,

wobei freilich eis als f und his als c gespielt würden.

Die folgende Tonart, gis dur, bedürfte, um eine große Septime zu erhalten, einer abermaligen Erhöhung von fis um eine halbe Stufe, also der Vorzeichnung von sechs einfachen und einem Doppelkreuz. Die Scale wäre

gis ais his cis dis eis fisis gis.

Um dieser Häufung von Erhöhungssylben und Kreuzen zu begegnen, erscheint es zweckmäßig, von cis dur an die eingeschalteten Töne, anstatt durch Erhöhung der zunächst darunter liegenden, vielmehr durch Erniedrigung der zunächst darüber liegenden Töne der ursprünglichen Scale um eine halbe Tonstufe entstehen zu lassen. Diese Art der Abkunft wird durch Anfügen der Sylbe es an die Stammtöne ausgedrückt, in der Notation durch die Vorzeichnung b auf die betreffende Notenlinie oder in den Zwischenraum. Cis dur erscheint dann als Des dur und die Scale ist die folgende:

des es f ges as hes c des

worin anstatt sieben Erhöhungs- nur fünf Erniedrigungszeichen vorkommen. Die Scale von gis dur verwandelt sich in die folgende von as dur mit nur vier Erniedrigungszeichen:

as b c des es f g as

worin für hes das gewöhnlichere Zeichen b gesetzt ist. So gelangt

man bei eis dur, anstatt fünf doppelte und ein einfaches Kreuz zu gebrauchen, zu der Vorzeichnung nur eines b; die Scale dieser Tonart, f dur, ist demnach

f g a b c d e f

und mit der zwölften Quinte schließt sich der Kreis ab, sofern diese als mit der siebenten Octave zusammenfallend betrachtet werden darf.

Man findet in den sieben ursprünglichen und den fünf eingeschalteten Tönen, welche zusammen die sogenannte chromatische Tonleiter

c cis d dis e f fis g gis a ais h c

bilden, auch den nöthigen Tonvorrath, um über jedem Tone als Grundtone eine Molltonleiter zu errichten.

Man darf sich indessen nicht verschweigen, daß die Unterschiede zwischen den von der ursprünglichen Molltonleiter verlangten und den von den eingeschobenen Tönen gebotenen Intervallen nicht selten weit über ein großes Komma wachsen. Betrachtet man z. B. dis als die für e dur erforderliche Septime, so ist seine Schwingungszahl in Beziehung auf das zunächst unter ihm liegende c: $\frac{5}{4} \cdot \frac{15}{8} \cdot \frac{1}{2} = \frac{75}{64}$, logarithmisch 229, während für die kleine Terz es, welche in c moll zur Anwendung kommt, die Schwingungszahl $\frac{6}{5}$, logarithmisch 263 erfordert wird. Von d nach dis ist ein kleiner halber Ton, von d nach es ein großer halber Ton, der Unterschied ist 263 — 229 = 93 — 59 = 34, also eine Diésis. Dieser Unterschied kommt jedesmal zum Vorschein, wenn man von zwei um eine kleine ganze Stufe auseinanderliegenden Tönen den unteren um einen kleinen halben Ton erhöht, den oberen um eben so viel erniedrigt, da 2 . 59 + 34 = 152 ist. Cis und Des, Dis und Es, E und Fes, Eis und F, Fis und Ges, Gis und As, Ais und B, H und Ces, His und c sind sämmtlich von einander verschiedene Töne; die kleinen zwischen ihnen bestehenden Abstände werden nach einer aus der griechischen Musiklehre entlehnten Bezeichnung enharmonische Intervalle genannt. Die Tonleiter, welche von C durch Cis, Des, D... durch sämmtliche enharmonische Intervalle geht, heißt enharmonische Tonleiter. Auf unsern Instrumenten mit fester Stimmung, der Orgel, dem Pianoforte, der Harfe, den Blasinstrumenten kann die chromatische, nicht aber die enharmonische

Tonleiter angegeben werden. Indem man an den Tönen Cis und Des, Dis und Es u. s. f. kleine Rückungen anbrachte, schwanden die enharmonischen Intervalle, je zwei enharmonisch geschiedene Töne fielen in einen chromatischen zusammen. Mit welchem Rechte dieß geschehen konnte und welches Opfer der harmonischen Reinheit dabei gebracht wurde, ergeben die folgenden Betrachtungen.

Zwölf Quinten geben einen musikalischen Abstand 12 . 585 = 7020, welcher von 7000 oder dem Abstand von sieben Octaven nur wenig verschieden ist. Die Kleinheit dieses Unterschiedes gestattet es, den Quintencirkel mit der zwölften Tonart zum Abschluß zu bringen. Da die zwölfte Quinte mit der siebenten Octave wirklich zusammenfallen soll, so kann es nicht zweifelhaft sein, an welchem dieser beiden Intervalle die kleine nothwendig werdende Correction anzubringen ist. Die akustische Durchsichtigkeit des Octavenintervalles läßt die geringste Trübung auffällig erscheinen. Obgleich auch die Quinte gegen jede Abweichung von der Reinheit sensibel genug ist, so sinkt doch der Fehler, wenn jener Ueberschuß von 20 gleichmäßig auf die zwölf ansteigenden Quinten vertheilt wird, ins Unmerkliche herab. Er beträgt für eine Quinte nur $\frac{20}{12} = 1{,}69$; die Quinte 583,33, welche in dem so eingerichteten Tonsystem an die Stelle des reinen Intervalles tritt, heißt **temperirte Quinte** und die zwölf temperirten Quinten, octavenweise herabversetzt in die Octave des Grundtones, theilen diese in zwölf absolut gleiche musikalische Intervalle, jedes = 83,33, geordnet nach der sogenannten **gleichschwebenden Temperatur**.

Die folgende Tabelle giebt die Schwingungszahlen und ihre Logarithmen für die Töne der gleichschwebend temperirten Scale :

Töne	Schwingungszahlen	Logarithmen	Töne	Schwingungszahlen	Logarithmen
c	$= 1{,}00000$	0	fis	$2^{\frac{6}{12}} = 1{,}41421$	500,00
cis	$2^{\frac{1}{12}} = 1{,}05946$	83,33	g	$2^{\frac{7}{12}} = 1{,}49831$	583,33
d	$2^{\frac{2}{12}} = 1{,}12246$	166,67	gis	$2^{\frac{8}{12}} = 1{,}58740$	666,67
dis	$2^{\frac{3}{12}} = 1{,}18921$	250,00	a	$2^{\frac{9}{12}} = 1{,}68179$	750,00
e	$2^{\frac{4}{12}} = 1{,}25992$	333,33	ais	$2^{\frac{10}{12}} = 1{,}78180$	833,33
f	$2^{\frac{5}{12}} = 1{,}33484$	416,67	h	$2^{\frac{11}{12}} = 1{,}88775$	916,67

$c_1 = 2{,}000.$

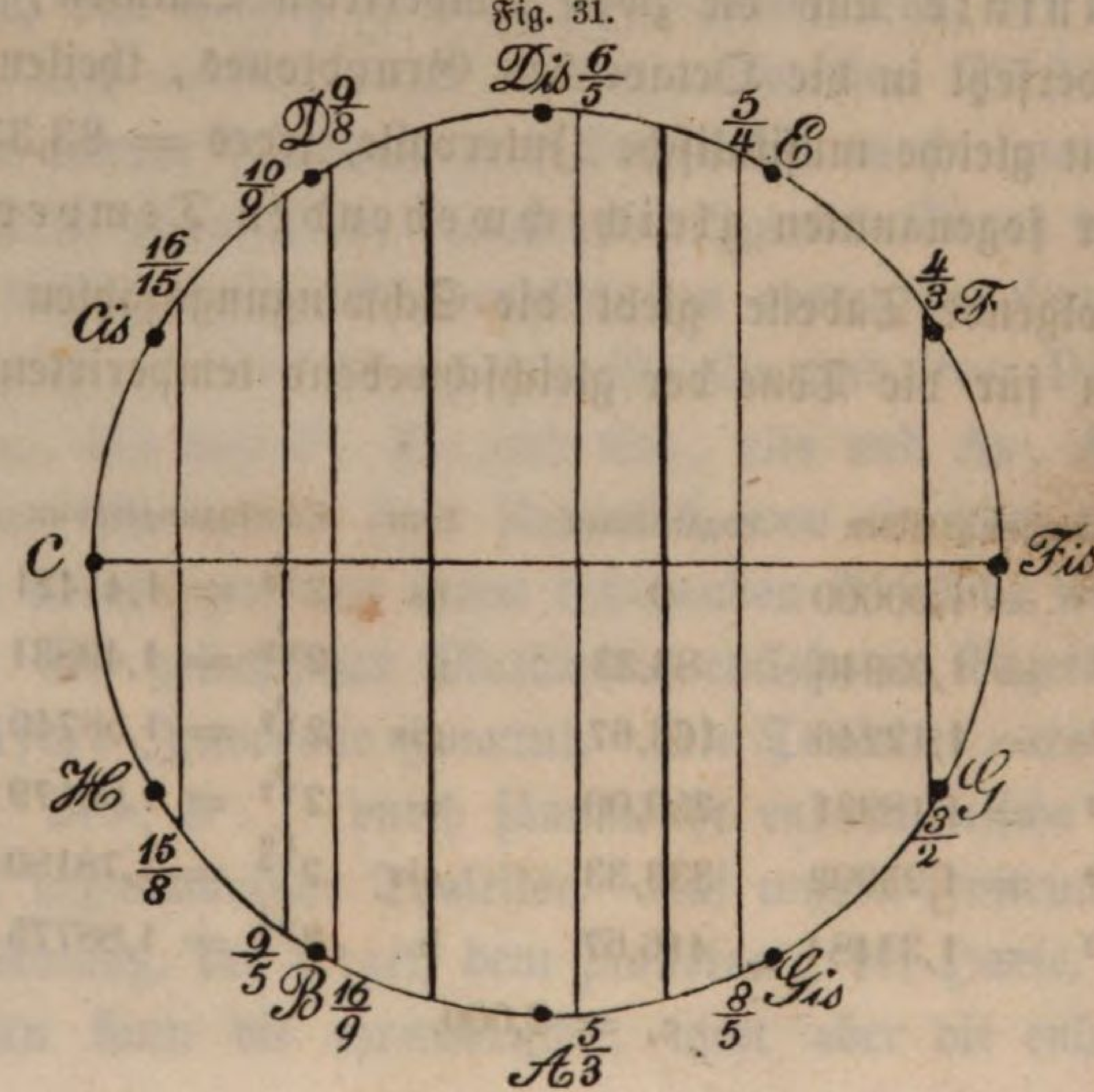
Vom Grundton bis zur Quinte sind es sieben solcher Stufen, wie es bis zur Octave zwölf sind. Um über die Brauchbarkeit dieses oder jedes andern künstlichen Tonsystems an der Stelle des natürlichen zu entscheiden, genügt es zu wissen, ob die harmonischen Intervalle darin mit hinreichender Annäherung enthalten sind. Der Fehler an der Quinte ist nur gering, ebensogroß ist er an der Quarte, da diese die Octavenergänzung der Quinte ist. Es erübrigt nur allein noch, zu untersuchen, ob e gegen c und g eine der streng harmonischen hinreichend nahe kommende Stellung hat, da hiermit die große und kleine Terz und somit auch ihre Octavenergänzungen, die kleine und große Sexte, die Prüfung bestehen. Die Abweichungen sind aber in der That die folgenden:

	Kleine Terz	Große Terz	Quarte	Quinte	Kleine Sexte	Große Sexte
Harmonisches Intervall	263	322	415	585	678	737
Temperirtes Intervall	250	333,33	416,67	583,33	666,67	750
Unterschied	−13	+11,33	+1,67	−1,67	−11,33	+13

Die Fehler sind am Kleinsten an den Intervallen, welche eine Störung der Reinheit am Wenigsten vertragen, aber auch bei den Terzen und Sexten betragen sie nur $\frac{2}{3}$ eines Komma.

Die folgende Figur stellt das Verhältniß der reinen Intervalle zu den temperirten dem Auge dar. Auf dem Umfang des Kreises

Fig. 31.



sind die gleichabständigen temperirten Intervalle durch Punkte angegeben, die feinen Linien dagegen schneiden den Kreis in den Abständen der reinen harmonischen Intervalle und man sieht zugleich, wie die Quarte und Quinte, die große Terz und kleine Sexte, die kleine Terz und große Sexte, der große ganze Ton und die kleinste Septime, der kleine ganze Ton und die kleine Septime, der große halbe Ton und die große Septime sich gegenseitig zu einer Octave ergänzen. Die stärkeren Linien bezeichnen die Mitte des Quartenintervalls CF und des Quintenintervalls CG. Die Bogen von C bis zur ersteren stärkeren Linie enthalten die Dissonanzen, die Bogen zwischen den beiden stärkeren Linien die unvollkommenen Consonanzen, der Bogen jenseits der zweiten stärkeren Linie endlich die vollkommenen Consonanzen.

Zur Erleichterung des Lesers und weil wir in der Folge vielfach auf einzelne Töne des temperirten Systems, auf die ihnen entsprechende Schwingungszahlen und Wellenlängen Bezug nehmen, lassen wir eine Tafel folgen, worin diese Zahlen für alle in der Musik gebräuchlichen Töne aufgenommen sind. Da die Schwingungszahlen der Grundtöne der Octaven im temperirten System etwas von den Seite 128 verzeichneten abweichen, welche nach dem genauen harmonischen Intervall aus $a_1 = 440$ abgeleitet sind, da wir andererseits den einfachen Ausdruck, welche die Wellenlängen jener Grundtöne in Pariser Maß gefunden haben, nicht aufgeben wollten, so wurde bei Ableitung der in der Tafel enthaltenen Wellenlängen die Temperatur der Luft zu 12° C. angenommen. Es entspricht dieser Temperatur eine Schallgeschwindigkeit von 1046,4 Pariser Fußen, während die S. 128 angegebenen Wellenlängen unter der Voraussetzung von 17° Lufttemperatur, also einer Schallgeschwindigkeit von 1056 Pariser Fußen, berechnet worden waren.

Schwingungszahlen und Wellenlängen

der in der Musik gebräuchlichen Töne nach der gleichschwebenden Temperatur.

a_1 = 440 Schwingungen. Die Schallgeschwindigkeit bei 12° C. = 1046,4 Pariser Fußen. Die Wellenlängen sind in Par. Zollen angegeben.

		C_{-2}	C_{-1}	C	c	c_1	c_2	c_3	c_4
C	Schwingungen	16,35	32,7	65,4	130,8	261,6	523,2	1046,5	2093,0
	Wellenlänge	768,0	384,0	192,0	96,0	48,0	24,0	12,0	6,0
Cis	Schwingungen	17,32	34,63	69,27	138,5	277,1	554,2	1108,5	2217,0
	Wellenlänge	724,8	362,4	181,2	90,6	45,3	22,65	11,32	5,66
D	Schwingungen	18,35	36,7	73,4	146,8	293,6	578,3	1174,6	2349,3
	Wellenlänge	684,14	342,07	171,0	85,5	42,75	21,37	10,68	5,34
Dis	Schwingungen	19,43	38,87	77,75	155,5	311,12	622,25	1244,5	2489,0
	Wellenlänge	645,74	322,87	161,43	80,71	40,36	20,18	10,09	5,04
E	Schwingungen	20,6	41,2	82,4	164,81	329,62	659,25	1318,5	2637,0
	Wellenlänge	609,5	304,75	152,37	76,18	38,09	19,04	9,52	4,76
F	Schwingungen	21,82	43,65	87,3	174,6	349,22	698,45	1396,9	2793,8
	Wellenlänge	575,3	287,65	143,82	71,91	35,95	18,00	9,0	4,50
Fis	Schwingungen	23,12	46,25	92,5	185	370	740	1480	2960
	Wellenlänge	543,0	271,5	135,75	67,87	33,93	16,96	8,48	4,24
G	Schwingungen	24,5	49	98	196	392	784	1568	3136
	Wellenlänge	512,5	256,26	128,13	64,06	32,03	16,01	8,0	4,0
Gis	Schwingungen	25,95	51,91	103,82	207,65	415,3	830,6	1661,2	3322,4
	Wellenlänge	483,76	241,88	120,94	60,47	30,23	15,12	7,56	3,78
A	Schwingungen	27,5	55	110	220	**440**	880	1760	3520
	Wellenlänge	457,65	228,82	114,41	57,21	28,6	14,3	7,15	3,57
Ais	Schwingungen	29,13	58,26	116,53	233,07	466,15	932,3	1864,6	3729,3
	Wellenlänge	431,0	215,5	107,7	53,9	26,95	13,47	6,73	3,37
H	Schwingungen	30,86	61,73	123,47	246,95	493,9	987,7	1975,5	3951,1
	Wellenlänge	404,92	202,46	101,23	50,61	25,31	12,66	6,33	3,16
c	Schwingungen	32,7	65,4	130,8	261,6	523,2	1046,5	2093,0	4186,0
	Wellenlänge	384,00	192,0	96,0	48,0	24,0	12,0	6,0	3,0

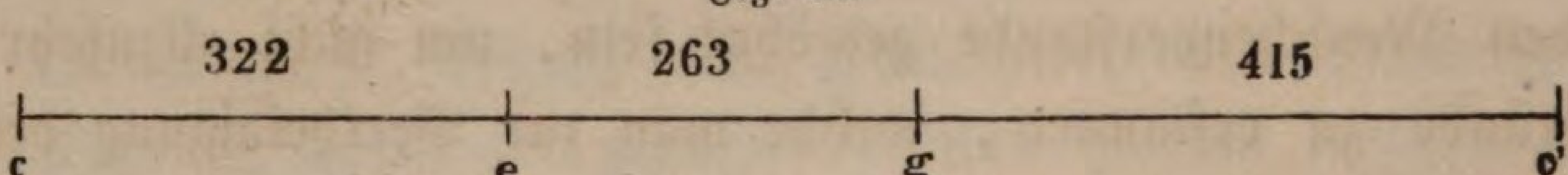
Es ist der große Vorzug einer gleichschwebenden Temperatur, daß aus allen Tonarten mit gleicher Reinheit gespielt werden kann und es hat sich darum die zwölfstufige gleichschwebende Temperatur, welche zu Ende des 17. Jahrhunderts zuerst aufgestellt und von d'Alembert und Lambert vertheidigt worden ist, gegenüber den Angriffen der Musiker und Theoretiker behauptet. Sie leistet bezüglich der Reinheit des Quinten- und Quartenintervalls, was nur zu wünschen ist. Ihre schwache Seite sind die Terzen und Sexten, und es tritt dieselbe nicht undeutlich hervor, wenn ein Pianoforte von einer Violine oder dem Violoncelle begleitet wird. In Zeiten, in welchen die Compositionen sich vorzugsweise innerhalb der mit

C dur näher verwandten Tonarten bewegten, und die entfernteren Tonarten mit mehr als zwei oder drei vorgezeichneten Kreuzen oder Be'en selten oder gar nicht zur Anwendung kamen, mochte der Gedanke einer Erwägung werth sein, die zwölf Stufen ungleich zu temperiren, um die den gebräuchlicheren Tonarten eignen harmonischen Intervalle möglichst rein auf Kosten der nämlichen Intervalle in den von C dur entfernteren Tonarten darzustellen. Jetzt aber, wo alle zwölf Tonarten den Componisten unentbehrlich geworden sind, haben die ungleichschwebenden Temperaturen, wie solche von Kepler, Euler, Kirnberger, Stanhope und Malkolm vorgeschlagen worden sind, alles practische Interesse verloren. Was die Kirnberger'sche Scale leistet, welche unter allen ungleichschwebenden Temperaturen am Meisten Anerkennung gefunden hat, läßt die Figur S. 142, worin die Intervalle jener Scale an die rein harmonischen Intervalle anstoßend gezeichnet sind, beurtheilen. Bei näherer Ansicht findet man, daß, wenn man die Reinheit der Dreiklänge als Maßstab nimmt, die Tonarten C dur, G dur, D dur, E moll, H moll, einigermaßen auch noch F dur, A dur, Fis moll und A moll zu den bevorzugten gehören, daß Cis dur, Es dur, As dur, C moll, D moll, F moll, G moll und B moll dagegen am Schlimmsten wegkommen. Das einmal Bestehende findet immer seine Vertheidiger, auch wenn seine fernere Haltlosigkeit dem schlichtesten Verstande einleuchtet. Allein man muß erst durch Vertrautheit mit der musikalischen Literatur an die kühnen Prätensionen des ästhetischen Gefühls gegenüber dem gesunden Menschenverstande gewöhnt sein, um nicht allzusehr über die Gründe zu erstaunen, welche man zur Vertheidigung der ungleichschwebenden Temperaturen, insbesondere der den verschiedenen Tonarten dadurch zukommenden Terzen beigebracht hat. Man erblickte gerade in dieser Verschiedenheit der Terzen ein mächtiges Hülfsmittel der Musik. Während die reine große Terz zur Freude stimme, wollte man mit schärferen Terzen bis zum Zorn entflammen, durch die reine kleine Terz Wohlwollen und Zärtlichkeit erregen, und durch noch kleinere Terzen in Traurigkeit versetzen. Die Musik hat indessen durch die allgemeine Annahme der gleichschwebenden Temperatur auf diese so gerühmten Vortheile, wie es scheint, für immer verzichtet.

Ohne Zweifel wäre es das Wünschenswertheste, auch mit solchen Instrumenten, welche eine feste Stimmung besitzen, aus allen Tonarten mit vollkommen reinen harmonischen Intervallen spielen zu können, so wie dieß auf den Streichinstrumenten und wie es dem Sänger möglich ist. Allein nur durch die unerhörteste Complication der Instrumente, welche ihre Conservirung und ihre Handhabung gleich sehr erschweren würden, ließe sich dieser Zweck erreichen. Am Leichtesten wäre es vielleicht noch auf der Orgel möglich, da man durch Registerzüge nach Wunsch die in den verschiedenen Tonarten harmonisch rein gestimmten Pfeifenreihen mit der Claviatur in Verbindung setzen könnte. In der That hat H. W. Poole im Jahre 1850 in Silliman's American Journal of science angezeigt, daß er eine Orgel erbaut und sie bereits 9 Monate im Gebrauch habe, welche mittelst einer einfachen Pedaleinrichtung die zwölf Tonarten in vollkommener Reinheit zu spielen gestatte.

Will man mit Einer festgestimmten Tonreihe für alle Tonarten ausreichen, so liegt die Annahme einer gleichschwebenden Temperatur außer aller Frage. Dagegen ist es von theoretischer Seite und wohl auch in practischer Beziehung von Interesse zu untersuchen, ob man nicht durch eine Spaltung der Octave in eine größere Anzahl gleicher Stufen den Anforderungen musikalischer Reinheit in höherem Grade genügen könne, als dieß mit unserer jetzt gebräuchlichen zwölfstufigen Tonleiter geschieht. Die Frage läuft in ihrer einfachsten Form darauf hinaus, den Abstand $c\ c_1$ in

Fig. 32.



solche gleiche Theile einzutheilen, daß ein Theilungspunkt möglichst nahe bei e, ein anderer möglichst nahe bei g fällt. Wollte man eine Tonleiter von 1000 Tönen gebrauchen, so würden die 322 ersten Intervalle eine große Terz, die 585 ersten Intervalle eine Quinte und die 263 Intervalle zwischen e und g eine kleine Terz von vorzüglicher Reinheit geben. Auch für das empfindlichste musikalische Gehör würde Nichts zu wünschen übrig bleiben. Von practischer Bedeutung indessen kann nur ein System sein, welches mit

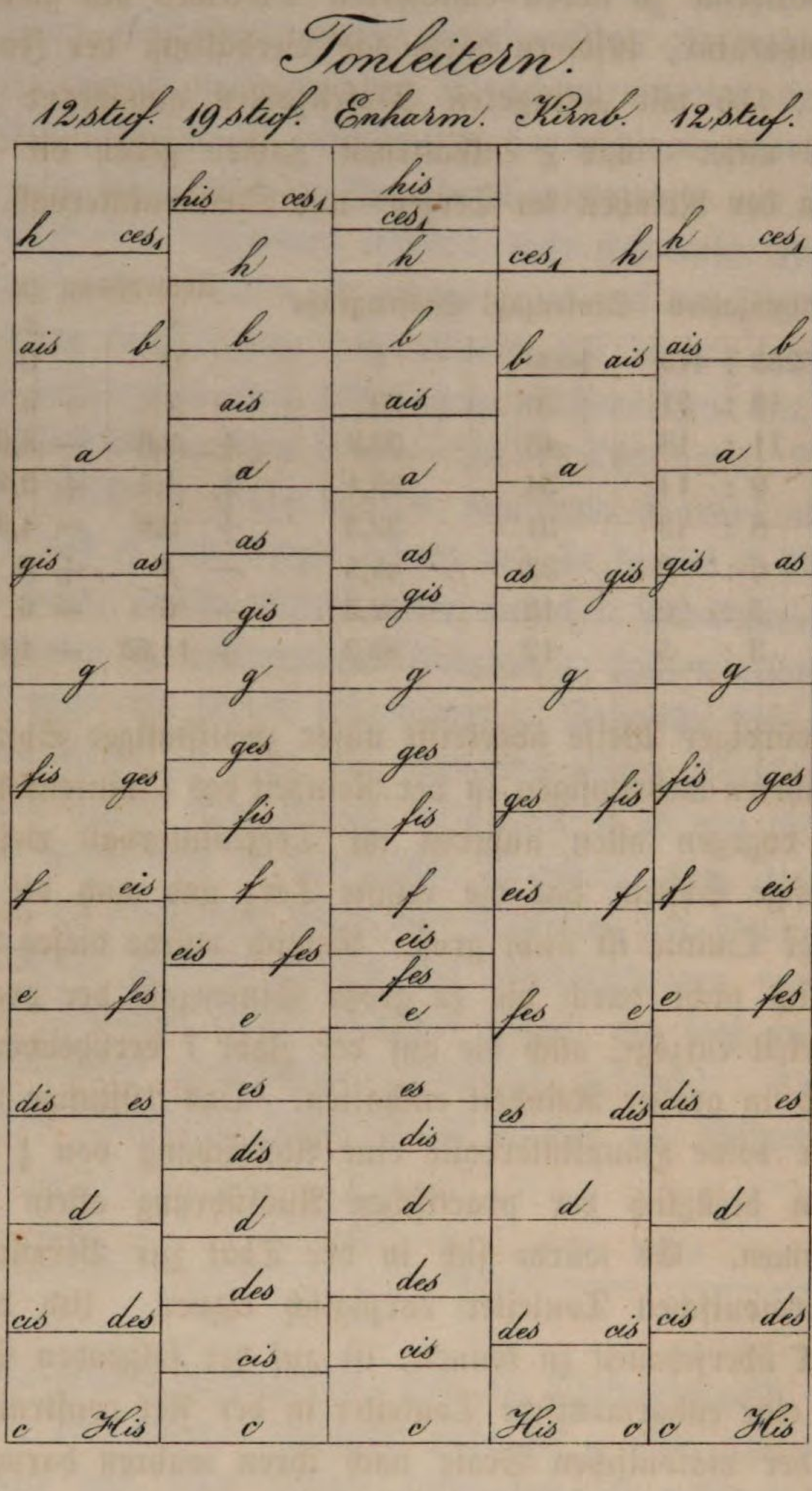
weit weniger Stufen Aehnliches leistet. Die folgende Tafel *) enthält das Material zu sieben einfacheren Systemen mit gleichschwebender Temperatur, insofern darin das Verhältniß der Intervalle 322 : 263 : 415 mit geringeren Stufenzahlen annähernd erreicht wird. Die unter e und g enthaltenen Zahlen geben die Abweichungen von der Reinheit im Terzen- und Quinteninterval.

Verhältnißzahlen	Stufenzahl	Stufengröße	Abweichung in e	g
322 : 263 : 415	1000	1	0	0
16 : 13 : 21	50	20	— 2	— 5
14 : 11 : 18	43	23,3	+ 3,6	— 3,6
11 : 9 : 14	34	29,4	+ 1,5	+ 3,2
10 : 8 : 13	31	32,3	+ 0,6	— 4,3
7 : 6 : 9	22	45,5	— 4	+ 6
6 : 5 : 8	19	52,6	— 6	— 6
4 : 3 : 5	12	83,3	+ 11,67	— 1,67

Merkwürdiger Weise übertrifft unser zwölfstufiges System alle hier angeführten mehrstufigen in der Reinheit des Quintenintervalls, steht aber dagegen allen anderen im Terzeninterval weit nach. Das 31stufige System hat die reinste Terz und auch die Abweichung in der Quinte ist nicht groß. Endlich würde dieses System, wenn es sich nicht durch die zu große Stufenzahl der practischen Ausführbarkeit entzöge, auch die auf der Zahl 7 beruhenden Zweiklänge noch in großer Reinheit enthalten. Das 19stufige System, welches für beide Hauptintervalle eine Abweichung von ⅓ Komma giebt, kann bezüglich der practischen Ausführung allein noch in Frage kommen. Es würde sich in der That zur Verwirklichung einer enharmonischen Tonleiter vorzüglich eignen. Um dieß mit einem Blick überschauen zu können, ist auf der folgenden Scale in der Mitte eine enharmonische Tonleiter in der Art construirt, daß die Töne der diatonischen Scale nach ihren wahren harmonischen Verhältnissen aufgetragen, die eingeschobenen Töne Cis, Des u. s. f. aber durch Erhöhung und Erniedrigung um die Stufe 59, also um einen kleinen halben Ton, erhalten worden sind.

*) Aus Opelt's Allgemeiner Theorie der Musik, S. 47.

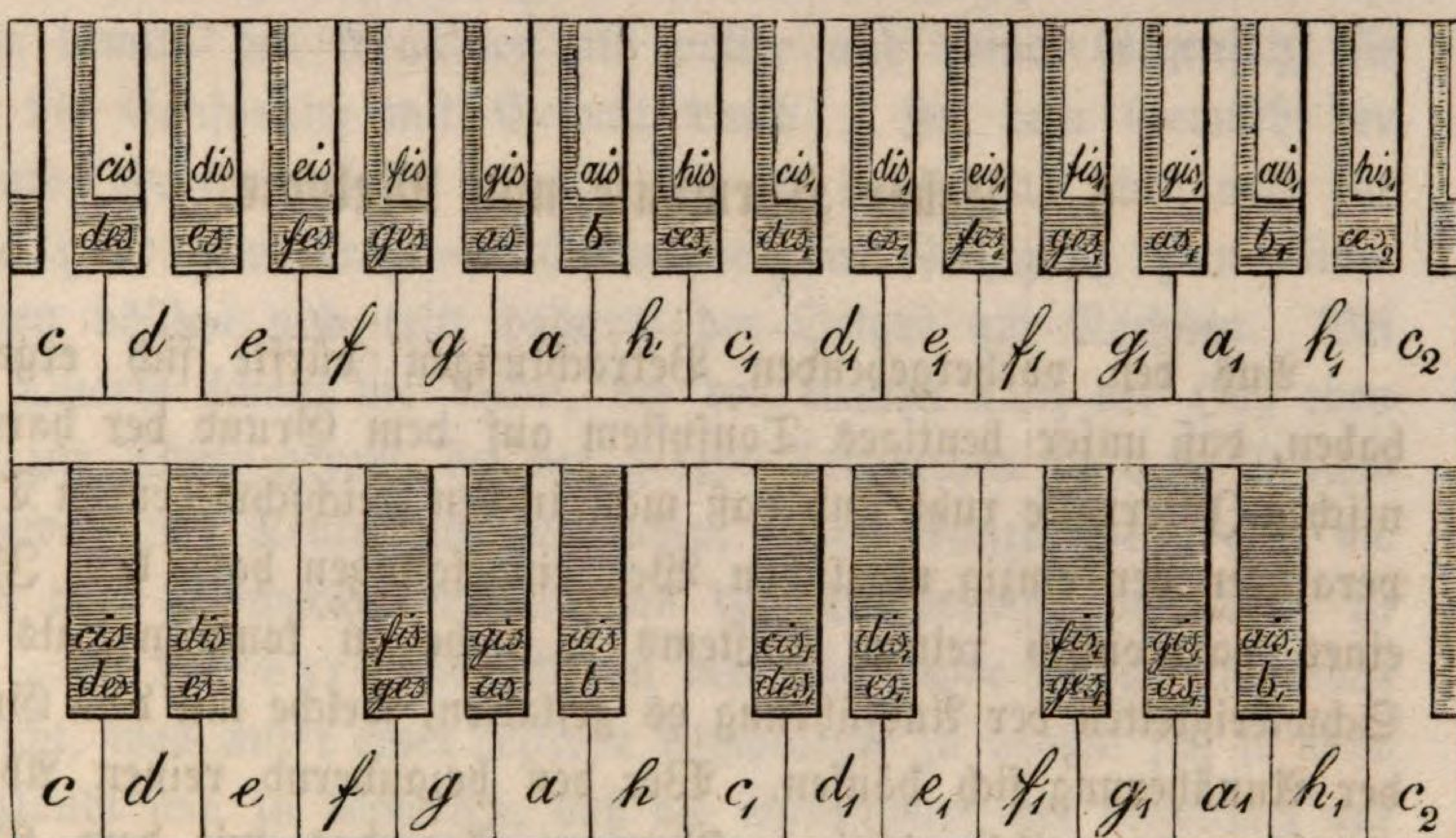
Fig. 33.



Links stoßen die Theilungslinien der 19stufigen gleichschwebenden Temperatur, rechts diejenigen der ungleichschwebenden Kirnberger'schen Scale an, von welcher bereits die Rede war. Die in der mittleren Scale enthaltenen Punkte entsprechen den Tönen

unserer gewöhnlichen 12stufigen Tonleiter. Auf der Guitarre würde sich durch eine passende Eintheilung des Griffbretes die 19stufige Scale verwenden lassen. Erhard's Harfe à double mouvement ist das einzige Instrument, an welchem durch Pedaleinrichtung das enharmonische System verwirklicht ist. Um die 19stufige Tonleiter auf das Pianoforte zu übertragen, bedürfte es einer Claviatur ähnlich der folgenden.

Fig. 34.



Bei dieser Claviatur, welche an italienischen Fortepiano's zu Ende des 17. Jahrhunderts angewendet war, sind übrigens auch noch die Töne eis und fes, his und ces mit getrennten Tasten versehen, während die 19stufige Tonleiter diese Töne verschmilzt und nur eine Taste für jedes Paar derselben in Anspruch nimmt.

6. Ueber Harmonie und Melodie.

Aus den vorhergehenden Betrachtungen dürfte sich ergeben haben, daß unser heutiges Tonsystem auf dem Grund der harmonischen Intervalle ruht und daß man in den gleichschwebenden Temperaturen den einzig möglichen Weg eingeschlagen hat, dem Ideal eines harmonisch reinen Systems so nahe zu kommen, als die Schwierigkeiten der Ausführung es gestatten, welche mit dem Grade der Annäherung sich häufen. Wer den bezaubernd reinen Abfluß eines mathematisch richtig gestimmten Accordes mit dem Klang eines temperirten verglichen hat, wird nicht im Zweifel sein über die Bedeutung, welche die einfachen Zahlenverhältnisse für die Musik haben. Es bemißt sich danach der Werth der Bemühungen eines deutschen Philosophen des 19. Jahrhunderts, mittelst höchst unklarer mathematischer Betrachtungen über die gegenseitige Hemmung, welche sich gleichzeitige Eindrücke in der Seele bereiten, zu zeigen, daß gerade die temperirten Töne, nicht aber die nach einfachen Zahlenverhältnissen bestimmten, es sind, welche das musikalische Gehör verlangt. „Denn hätte“, sagt Herbart in seinen psychologischen Bemerkungen zur Tonkunst, „diese gewöhnlich nur als Nothbehelf „betrachtete Stimmung der Tasteninstrumente nicht eine bessere Für„sprache an der musikalischen Phantasie, als in der Unvollkommen„heit unserer Werkzeuge, so würden die ächten Künstler durch ihre „Unrichtigkeit viel zu sehr beleidigt werden, um sich in der Behand„lung falschtönender Instrumente zu gefallen.“ Der genannte

Philosoph findet, daß zwei Vorstellungen (?), wie sie etwa durch zwei Töne in unserer Seele erweckt würden, stets einen gewissen Antheil von Zuneigung, ein Bestreben zum Einswerden gegeneinander hegen, aber auch eine gewisse Quantität feindlicher Gesinnung, vermöge welcher eine Vorstellung die andere zu hemmen, auf die Schwelle des Bewußtseins zu drängen, oder im schlimmsten Fall gänzlich von dieser Schwelle zu verjagen strebt. Zwei Töne im Einklang sind frei von jeder Feindschaft, sie consoniren in Liebe, die Octave dagegen hemmt den Grundton als voller und reiner Gegensatz, sie setzt die Consonanz mit Gewalt durch! In dem Gemüth der Quinte (der temperirten nämlich) ist die Feindschaft eben noch der Liebe Herr geworden, „sie überwindet die Nöthigung zum Einswerden völlig" und tritt dadurch der Octave am Nächsten. Bei der Quarte schaut die Liebe, bei der kleinen Terz der Haß eben noch zur Thüre herein, bei der großen Terz stehen sich beide Mächte in bewaffneter Neutralität gegenüber. Das Ganze scheint eher die Lehre vom Temperament, als von der Temperatur der Töne zu sein. Da Herbart seine Arbeit als eine Probe Dessen angesehen wünscht, was unter einer besseren Psychologie zu denken sei, so wird es erlaubt sein zu bemerken, daß die Anwendung der Rechnung auf Kräfte und Wirkungen, welche, wie diejenigen der Seele, noch niemals einer Messung zugänglich gewesen sind, eine gänzlich fruchtlose Bemühung bleiben muß. Kepler konnte die Gesetze der Planetenbewegung nur mittelst so reichhaltiger guter Beobachtungen finden, wie Tycho Brahe sie hinterlassen hatte, Newton mußte den großen Gedanken des Gravitationsgesetzes ruhen lassen, bis Picard's neuere Messung des Erdumfangs ihm eine materielle Unterlage gab. Die Psychologie aber ist noch weit vom Zeitalter Tycho Brahe's entfernt; Zahlen- und Buchstabenrechnung an sich haben so wenig Beweiskraft in natürlichen Dingen, als die Fertigkeit darin die aufrichtige Liebe zur Wahrheit und gesunde Logik ersetzen können.

Erfreulicher und belehrender zugleich, als das Schauspiel jener philosophischen Seifenblasen, ist der Blick in die Geschichte der Musik, welche, wie die keiner anderen Kunst, einen zwar langsamen, aber stetigen Fortgang zu höherer Ausbildung und Vollendung darbietet.

Wir wissen von den ältesten indischen und ägyptischen Tonsystemen zu wenig, um sichere Schlüsse darauf bauen zu können. Wenn die ägyptische Lyra, wie griechische Geschichtschreiber sie schildern, nur drei Saiten hatte, so kann dieß keine hohe Vorstellung von dem Zustand der Musik in uns erwecken. Indessen enthalten die Abbildungen ägyptischer Harfen, welche zum Theil von den ältesten Monumenten der Baukunst jenes Volkes entnommen sind, eine größere Saitenzahl. Einer Tonleiter, welche den älteren chinesischen Melodieen zu Grunde liegt, welche sich in der Stimmung eines auf Java gebräuchlichen Instrumentes, des Gender, wiederfindet, derselben, welche den eigenthümlich schwermüthigen Character der in den Bergen Hochschottlands heimischen Weisen bedingt, haben wir schon früher gedacht. Ihre Töne

f, g, a, c_1, d_1, f_1 oder c, d, e, g, a, c_1

entsprechen unserer diatonischen Tonleiter, allein es fehlen darin die Quarte und Septime, so daß Stufen von anderthalb Tönen da vorkommen, wo unsere Tonleiter halbe Tonstufen enthält. Auch den Hindu's scheint diese unvollkommene Tonleiter nicht fremd gewesen zu sein; da zwölf von den 36 Tonarten, welche in den Büchern Soma und Narayan verzeichnet sind, nach ersterem Buche wenigstens, ganz die nämliche Stufenfolge, nur mit verschiedener Stellung des Anfangstones, enthalten.

Das griechische Tonsystem erkennt die Octave, die Quinte und Quarte als Consonanzen an. Es ist characteristisch, daß das griechische Gehör die Einfachheit der Beziehungen im fünftheiligen Rhythmus noch nicht zu erkennen vermochte, daß es über die Erfassung der aus den Zahlen 2 und 3 zusammengesetzten Consonanzen nicht hinauskam. Allein auch diese waren nicht in ihrer vollen Bedeutung verstanden und angewendet. Nicht nur, daß man diese Consonanzen nicht zu Harmonieverbindungen gebrauchte, durch welche man in der modernen Musik der Melodie eine so reiche Ausstattung und oft erst das wahre Verständniß verleiht, man hatte auch den Vorzug, welchen die Octaven als natürliche Abschnitte der Tonleiter besitzen, nicht erkannt, diese Rolle vielmehr der Quarte zugetheilt, so daß das ganze Tonsystem in Tetrachorde zerfiel.

Aristoteles fragt in seinen Problemen über die Harmonie: Warum singet man zusammen nur in demselben Tone oder auch im Diapason und höchstens im Disdiapason, nicht aber im Diapente und Diatessaron? ein Beweis, daß man wohl eine Ahnung der Möglichkeit einer solchen Tonverbindung hatte, daß sie aber niemals zur wirklichen Ausführung kam.

Die griechische Lyra hatte anfangs nur Eine Saite mehr als die alte ägyptische Lyra, von welcher sie stammte; sie enthielt ein einziges Tetrachord. In dem Maße als die Bildung des griechischen Volkes und die Ausbildung der Musik insbesondere vorschritt, vermehrte sich die Saitenzahl jenes Instrumentes; die siebensaitige Lyra des Terpander hatte zwei verbundene, die achtsaitige des Pythagoras zwei getrennte Tetrachorde:

Lyra Terpanders	Lyra des Pythagoras
e f g a c_1 d_1 e_1	e f g a h c_1 d_1 e_1

die elfsaitige Lyra hatte zwei verbundene und ein davon getrenntes Tetrachord.

Das vollständige Tonsystem der Griechen zur Zeit seiner höchsten Ausbildung umfaßte fünfzehn Töne, von A bis a_1, von 110 bis 440 Schwingungen, die nämlichen, welche den Umfang der Männerstimmen Baß und Tenor ausmachen. Im vollständigen System mußten diese 15 Töne durch 21 Saiten vorgestellt sein, da sechs Töne in zwei verschiedenen Tetrachorden aufgenommen waren. Die folgende Uebersicht enthält die Namen der einzelnen Töne des griechischen Systems und ihre Eintheilung in Tetrachorde:

Nete hyperboleon	V			a_1
Paranete hyperboleon	V			g_1
Trite hyperboleon	V			f_1
Nete diezeugmenon	V / IV			e_1
Paranete diezeugmenon	IV	Nete synemmenon	III	d_1
Trite diezeugmenon	IV	Paranete synemmenon	III	c_1
Paramese	IV	Trite synemmenon	III	h
		Mese	III / II	a
		Lichanos meson	II	g
		Parypate meson	II	f
		Hypate meson	II / I	e
		Lichanos hypaton	I	d
		Parypate hypaton	I	c
		Hypate hypaton	I	H
		Proslambomenos		A

Die gemeinschaftlichen Töne des 3. und 4. Tetrachords sind solche, welche ebensowohl der Männer-, als der Knabenstimme angehören. Es wird nicht leicht eine Männerstimme geben, welche die Töne der drei ersten Tetrachorde nicht sämmtlich bewältigen könnte. Die spätere Zufügung des Proslambomenos, welcher in das System der fünf Tetrachorde gar nicht aufgenommen war, beweist das Bedürfniß, welches man empfand, mit einer Octave des höchsten Tones abzuschließen.

Die hier verzeichnete Scale stellt übrigens nur eines der in der griechischen Musik gebräuchlichen Tongeschlechter, das sogenannte diatonische Tongeschlecht dar. Der unterscheidende Character der drei Tongeschlechter aber ist ausschließlich die Art der Eintheilung des Tetrachords oder des Quartenintervalles. Das diatonische Tongeschlecht enthält durchgängig, wie dieß auch bei unserer heutigen diatonischen Tonleiter der Fall ist, im Quarteninterval zwei ganze und eine halbe Stufe. In dem chromatischen Tongeschlecht war das nämliche Intervall in zwei halbe Stufen und eine kleine Terz, in dem enharmonischen war es in zwei Viertelstöne und eine große Terz eingetheilt.

Eine Tonleiter mit so ungleichen Stufen, wie sie sich in den beiden letzteren Klanggeschlechtern finden, ist unserer heutigen Musik durchaus fremd, und die zwölfstufige temperirte Scale schließt Intervalle, welche kleiner sind, als ein halber Ton, ganz aus. Wurden die griechischen Instrumente wirklich in jenen kleineren Intervallen von Viertelstönen gestimmt und bewegte sich der Gesang durch diese kleinen Stufen, so setzt dieß eine Feinheit des musikalischen Gehörs voraus, welche man nach der vergleichungsweise niedrigen Entwickelungsstufe der Harmonielehre nicht hätte erwarten sollen. Man trifft indessen auch heutzutage die Anwendung kleinerer Intervalle in der Nationalmusik solcher Völker, welche keine Kenntniß jener Harmoniegesetze haben, auf welchen die hohe Ausbildung der modernen abendländischen Musik beruht. In den nationalen Gesangesweisen der Araber und Aegypter vernimmt man Uebergänge durch so kleine Zwischenstufen, daß der Ausdruck dem des Jodelns der Steyerer und Tyroler nicht unähnlich ist; diese Uebergänge enthalten nichts Willkürliches oder Zufälliges, insofern sie bei jeder

Wiederholung eines Liedes von den Sängern genau in der nämlichen Weise ausgeführt werden und diese die Abänderungen, welche bei einer Notirung ihrer Gesänge in unserer zwölfstufigen Scale nothwendig vorgenommen werden müssen, niemals zu rügen versäumen. Auf einem klarinettartigen arabischen Instrument, dem Eraquich, findet sich eine Scale, welche in Drittelstönen fortschreitet.

Keine griechische Melodie erstreckte sich über das ganze Tonsystem. Je nach dem Grundton, von welchem sie ausging, je nach der Lage also, welche die Melodie innerhalb des Tonsystems hatte, mußte die sieben- oder achtsaitige Lyra, welche eine Melodie im Einklang begleiten sollte, eine höhere oder tiefere Stimmung haben. Es wurden von den Theoretikern fünfzehn verschiedene Tonarten unterschieden, deren Namen nicht wie bei unsern zwölf Dur- und zwölf Molltonarten von dem Grundtone, der sogenannten Tonica, sondern vielmehr von demjenigen griechischen Lande hergenommen war, in welchem eine solche Tonart die ursprünglich vorzugsweise herrschende gewesen sein sollte. Man kann nach den noch übrigen theoretischen Abhandlungen über griechische Musik nicht mit voller Sicherheit über die Beschaffenheit der Tonarten entscheiden. War es nur eine Transposition der dorischen Tonleiter

d e f g a h c_1 d_1

von Halbton zu Halbton durch das ganze Tongebiet von A bis h, so entsprachen diese sämmtlichen Scalen, deren Namen und Anfangstöne hier folgen, unsern zwölf Molltonarten

Namen der Tonart :		Namen der Tonart :		Namen der Tonart :	
Die Hyperlydische	h	Die Lydische	fis	Die Hypolydische	cis
Die Hyperäolische	b	Die Aeolische	f	Die Hypoäolische	c
Die Hyperphrygische	a	Die Phrygische	e	Die Hypophrygische	H
Die Hyperionische	gis	Die Jonische	dis	Die Hypoionische	B
Die Hyperdorische	g	Die Dorische	d	Die Hypodorische	A

Die drei höchsten Tonarten sind, wie man sieht, die Wiederholungen der drei tiefsten in der Octave, so daß also nur 12 wesentlich verschiedene Anfangstöne übrig bleiben. Jeder der genannten Tonarten wird von den Schriftstellern des Alterthums ein besonderer Character beigelegt, jede sollte einen eigenthümlichen Eindruck auf das Gemüth vermitteln. Die Lydische Tonweise sollte zarter

klagender Art, die Aeolische üppigen und zärtlichen Characters sein, die Phrygische Tonart sollte einen wilden begeisternden Eindruck machen, der Jonischen schrieb man einen weichen wollüstigen, der Dorischen Weise dagegen einen männlich ernsten Character zu. Boëthius erzählt, Pythagoras habe einst einen jungen Mann so von Eifersucht, Musik und Wein erhitzt gefunden, daß derselbe im Begriff gestanden, Feuer an der Wohnung seiner Geliebten anzulegen; da habe der Philosoph den Verliebten allein dadurch zur Besonnenheit zurückgebracht, daß er eine Flötenspielerin die Phrygische Weise mit einer ernsteren besonneneren Tonart vertauschen ließ. So fabelhaft solche Erzählungen klingen, so berechtigt uns doch Nichts, sie ungläubig zu belächeln, da die Musiker unserer Tage kaum Geringeres von unseren zwölf Dur- und Molltonarten zu sagen wissen. In einer im Jahre 1838 erschienenen Aesthetik der Tonkunst, aus der Feder eines der fruchtbarsten musikalischen Schriftsteller, erhalten die 24 Tonarten eine ausführliche Characteristik, aus welcher wir Einiges beispielsweise entnehmen:

„C dur hat den Character der Unschuld, Einfalt, der Naivetät, der Kindersprache. G dur giebt den Ausdruck des Ländlichen, Idyllenmäßigen, des zärtlichen Dankes für aufrichtige Freundschaft und treue Liebe. D dur ist der Ton des Triumphs, des Halleluja's, der Größe und Pracht, des Kriegsgeschreis und Siegesjubels. A dur athmet Erklärungen unschuldiger Liebe, Zufriedenheit, Hoffnung des Wiedersehens beim Scheiden der Geliebten, jugendliche Heiterkeit und Gottvertrauen. In E dur lacht die Freude, es ist ein Aufjauchzen zu lautem Jubel. H dur kündet Zorn, Wuth, Raserei, Eifersucht, Verzweiflung und jede Last des Herzens an. Fis dur ist der Ton des Sieges in schweren Unternehmungen, das freie Athmen auf erstiegenen Bergen. Des dur ist ein spielender Ton, der da ausarten kann in Leid und Wonne. As dur leiht dem wunden Herzen und der frommen Klage ihre Töne; aber auch Gräberton, Tod, Grab, Verwesung, Gericht, die Ewigkeit mit allen ihren Geheimnissen liegen in ihrem Umfange. Es dur ist die vieldeutigste Tonart, innige Liebe, Andacht, feierlichen Ernst und kräftigen Aufruf zur That vermag ihr Ton auszudrücken. B dur ent-

hält Hoffnung, heitere Liebe und gutes Gewissen, F dur endlich malt leichten Scherz, fröhliches Leben in kindlicher Unschuld.

„Unter den Molltonarten ist A moll von zartem, fromm weiblichem Character. E moll ist bedingtes Leben, ein Ringen, Klage des Mitgefühls und Jammer über Mangel an Kraft. H moll tönt Geduld, stille Erwartung und Ergebung in den göttlichen Willen. Fis moll ist ein finsterer Ton, voll Groll und Mißvergnügen, der da zerrt an der Leidenschaft, wie der bissige Hund am Gewande. Cis moll Bußklage, trauliche Unterredung mit Gott und Seufzer nicht zu befriedigender Liebe. Gis moll ein Griesgram, ein gepreßtes Herz, eine Jammerklage, die in Doppelkreuzen hinaufseufzt. Es moll ist der Ton der Bangigkeit, der hinbrütenden Verzweiflung, der schwärzesten Schwermuth. B moll ist ein Sonderling, voll Mißvergnügen gegen Gott und die Welt, bis zur Vorbereitung zum Selbstmord. F moll enthält unaussprechlich tiefe Schwermuth, Jammergeächze, grabverlangende Sehnsucht. C moll drückt höheres Gefühl, Schmachten, Sehnen, Seufzen einer tieffühlenden, keines Truges fähigen Seele aus. G moll ist der Ton der Unlust, des Mißbehagens und Grolls, des Schwankens und Zerrens an verunglückten Plänen. Aus D moll endlich spricht schwermüthige Weiblichkeit.“

Ueberblickt man diese interessante Scale, so ist nicht zu verkennen, daß sämmtlichen Molltonarten der Character einer in irgend welcher Beziehung getrübten Stimmung zugesprochen wird, daß keine des kräftig entschiedenen und klaren Ausdrucks fähig gehalten wird, wie die Durtonarten. Die Zahlenverhältnisse geben über diesen Umstand genügenden Aufschluß. Die Dreiklänge:

C	E	G	C	Es	G
4 :	5 :	6	10 :	12 :	15

beweisen allein schon hinreichend, daß die Mollharmonieen weniger einfach oder rein sind, als die Durharmonieen.

Man hat zur materiellen Begründung des verschiedenen psychischen Characters der einzelnen Dur- oder der einzelnen Molltonarten angeführt, daß in der einen Tonart mehr die Naturtöne der Blasinstrumente, in einer anderen mehr die künstlich hervorgerufenen Töne, welche nie so klar ansprechen als jene, zur Ver-

wendung kämen, daß bei einer Tonart mehr die frei schwingenden Saiten der Streichinstrumente, bei einer anderen die gegriffenen Intervalle gebraucht würden. Allein es sind auch die gebildeteren Musiker darin einverstanden, daß die verschiedene Färbung der Tonarten, welche sie fast ohne Ausnahme als ausgemachte Thatsache annehmen, auf jenen Zufälligkeiten, welche ohnehin mit der Vervollkommnung des Baues der Blasinstrumente und mit der Geschicklichkeit der ausführenden Künstler mehr und mehr verschwinden, nicht beruhen könne. Sie sind vielmehr der Ansicht, daß auf einem Tasteninstrumente, wie auf dem Fortepiano, ja daß im Gesange der Character der Tonarten sich gerade so auspräge, wie im Orchester.

Seitdem die ungleichschwebenden Temperaturen verlassen sind, erhebt sich über jedem Tone unseres musikalischen Systems eine absolut gleiche Stufenfolge. Wenn man diese Thatsache gehörig würdigt, so ist es unmöglich, für den Character der Tonarten einen anderen physischen Grund suchen zu wollen, als die Höhe der Lage, als die Stelle des Grundtons im System. Wenn ein Pianoforte daher gegen ein anderes um einen halben Ton tiefer gestimmt wäre, so müßte C dur auf dem ersteren genau den nämlichen Eindruck machen, als H dur auf dem zweiten. Diese Folgerung wird zwar von feinfühlenden Musikern nicht zugegeben; allein es scheint, als ob der Versuch in dieser Reinheit selten oder niemals gemacht worden sei, und, wäre er angestellt worden, der Erfolg hätte in der That kein anderer sein können, als der angegebene. Das a_1 der Petersburger Oper steht auf 453 Schwingungen, das der opéra comique in Paris steht oder stand auf 428 Schwingungen; der Unterschied ist genau der eines halben Tones. Man könnte danach schließen, daß, wenn allein die Tonhöhe den Character der Tonart bedinge, alle Tonstücke, welche auf der Petersburger Oper aus C dur gespielt wurden, in der opéra comique den Eindruck hätten machen müssen, als gingen sie aus H dur. Allein diese Folgerung erscheint nicht gerechtfertigt, wenn man, wie wir es geneigt sind zu thun, den Character der Tonarten durchaus nur als etwas Relatives auffaßt, als relativ gegen eine Grundtonart C dur, an deren Lage bei der herrschenden Orchesterstimmung das Ohr sich gewöhnt hat. Wie in Beziehung auf den Grundton C die übrigen elf Töne

der Scale ein mehr oder weniger einfach harmonisches Verhältniß haben, so muß es auch mit den auf die einzelnen Grundtöne basirten Harmonieverbindungen in Beziehung auf die C dur-harmonieen der Fall sein. Alle Durharmonieen sind an sich von gleicher Reinheit und in so fern unbestreitbar von gleichem Character; hat aber einmal das Ohr durch lange Gewohnheit C dur als den Ausdruck des Einfachen und entschieden Klaren und Kräftigen in der Musik angenommen, so wird jede andere Durharmonie um so mehr sich von jenem Character zu entfernen und vielmehr dem Ausdruck aller gegentheiligen Empfindungen sich zu bieten scheinen, je fremder ihre harmonischen Verhältnisse denjenigen der C dur-harmonieen sind. Dem nämlichen Eindruck, welcher bei dem Laien in der Musik nur durch die Modulation, durch die unmittelbare Nebeneinanderstellung der Tonarten erreicht wird, ist das, ich möchte sagen, auf C dur seines Orchesters gestimmte Ohr des Musikers stets offen, wenn es auch eine Tonart nur an und für sich zu empfinden glaubt. Daß ein Uebergang aus C dur in das so nahe verwandte G dur einen weit ruhigeren Character an sich tragen muß, als der Uebergang aus C dur in das in allen seinen harmonischen Verhältnissen weit abweichende H dur, kann nicht befremden, wenn man bedenkt, wie wenig einfach das Verhältniß der Schwingungszahlen des Dreiklangs c, e, g zu denjenigen des Dreiklangs h, dis, fis ist. Die Tonarten über der Quinte und Quarte müssen demnach in ihrem Ausdruck C dur am Aehnlichsten sein, dann folgen die Tonarten über den Terzen und Sexten, hierauf die über der großen Secunde und kleinen Septime, die über der verminderten Quinte und endlich die über der kleinen Secunde und über der großen Septime. Uebrigens wird auch die Mitwirkung der höheren oder tieferen Lage einer nämlichen Melodie zum Totaleffect der Tonart nicht geläugnet werden können. Einer so speciellen Characteristik der Tonarten aber, wie die oben mitgetheilte, Beifall zu schenken, würde um so bedenklicher sein, als die verschiedenen Künstler, welche sich mit mehr Phantasie als Kritik in einer solchen Characteristik versucht haben, oft weit von einander abweichen. Die Tonart E moll z. B., von welcher oben gesagt ist, sie drücke bedingtes Leben, ein Ringen, die Klage des Mitgefühls

und Jammer über Mangel an Kraft aus, vergleicht Schubart mit einem Mädchen, welches weiß gekleidet, nur Eine rosenrothe Schleife am Busen trägt.

Wir werden uns zum Beleg unserer Behauptung mit der Zusammenstellung zweier der obigen Characteristiken mit den entsprechenden Mattheson's, des fruchtbarsten musikalischen Autors im 18. Jahrhundert, begnügen können

Mattheson 1713	Schilling 1838
E dur	
drucket eine verzweiflungsvolle oder ganz tödliche Traurigkeit unvergleichlich wohl aus, ist vor extrem verliebte, hülfs- und hoffnungslose Sachen am bequemsten.	Die Freude lacht und es ist ein Aufjauchzen zu lautem Jubel. Zu Schmerz und Leid ist E dur nie gestimmt, sein Wesen ist offen und frei ꝛc.
G moll	
der allerschönste Ton, der eine ungemeine Anmuth und Gefälligkeit mit sich führet.	Ton des Sentimentalen, der graciösen Schwermuth, des mürrischen Nagens am Gebiß der Selbstanklage, eines Kampfes zwischen Entschluß und Bedenken, des Zerrens an einem verunglückten Plane.

Die Charactere, welche den griechischen Tonarten von den Schriftstellern des Alterthums beigelegt werden, passen nicht im Mindesten zu dem, was man heutzutage in den Tonarten D moll, Es moll, E moll, F moll und Fis moll zu finden glaubt, vielmehr stehen sie sich durch ein seltsames Spiel des Zufalls diametral gegenüber. Man kann wohl kaum an der Richtigkeit der Ansicht derjenigen Kunstkenner zweifeln, welche den jenen Tonarten zugesprochenen Ausdruck anstatt auf die Tonleiter allein, vielmehr auf die ganzen in Doris, Jonien, Phrygien, Aeolien und Lydien gebräuchlichen Kunstformen, auf die Gesangsweise, die Octavengattung, das Instrumentale, den Rhythmus und den Vortrag des Gedichts, selbst auf Tanz und Pantomime, kurz auf den Inhalt des ganzen Kunstwerkes beziehen.

Außer den besprochenen Tonarten unterscheiden die griechischen Theoretiker noch sieben Octavengattungen, deren jede 8 Töne des S. 147 angegebenen Tonsystems über den Grundtönen H bis a enthält. Da in diesen Tonreihen keine Erhöhungen und Ernied-

rigungen vorkommen, so nehmen die Halbtöne in jeder derselben andere Stellen ein. Wir gedenken dieser Octavengattungen nur darum, weil aus ihnen die **Kirchentonarten** hervorgegangen sind, welche, vielleicht schon in den ersten Jahrhunderten den christlichen Gesängen zu Grunde liegend, vom Bischof **Ambrosius** im vierten Jahrhundert als feste Normen des Kirchengesanges angenommen wurden, über ein Jahrtausend als einzige Grundlage der Compositionen gegolten und sich neben unseren zwölf Dur- und Molltonarten noch bis auf den heutigen Tag erhalten haben.

Die vier Ambrosianischen, auch sogenannten **authentischen** Kirchentöne waren die folgenden:

1.	**d**	e	f	g	**a**	h	c_1	d_1	Dorische Tonart.
2.	**e**	f	g	a	**h**	c_1	d_1	e_1	Phrygische Tonart.
3.	**f**	g	a	h	**c_1**	d_1	e_1	f_1	Lydische Tonart.
4.	**g**	a	h	c_1	**d_1**	e_1	f_1	g_1	Mixolydische Tonart.

Es waren die Töne der diatonischen Scale unseres heutigen C dur, jedoch mit Verschiebung des Anfangstones. Die Octave ist in diesen Kirchentönen in gebührender Anerkennung, insofern sie den Schluß der Scale bildet. Die stärker gedruckten Buchstaben bezeichnen die Töne, auf welche beim Singen der Tonleiter besonderer Nachdruck gelegt wurde, um dadurch eine Abtheilung derselben in zwei Theile auszudrücken, und, wie man sieht, bezeichnet das nächst der Octave harmonischste Intervall, die Quinte, die Grenze dieser Abtheilungen. Es kamen später, wahrscheinlich hinzugefügt von dem eifrigen Beförderer des Kirchengesanges, **Gregor I**, (590 n. Chr.), noch vier Tonarten hinzu, die zum Unterschied von den authentischen, die **plagalischen** Kirchentöne genannt wurden:

1.	**H**	c	d	**e**	f	g	a	h
2.	**c**	d	e	**f**	g	a	h	c_1
3.	**d**	e	f	**g**	a	h	c_1	d_1
4.	**e**	f	g	**a**	h	c_1	d_1	e_1

Zwei derselben sind bezüglich der Tonfolge den beiden ersten der authentischen Tonarten gleich; die Abtheilung in den plagalischen Tonarten aber war eine eigenthümliche, insofern sie durch die Quarte geschah. In späterer Zeit war außer der authentischen nur noch die zweite plagalische Tonart unter dem Namen der **Lydischen** und ein sechster Kirchenton

a h c_1 d_1 e_1 f_1 g_1 a_1

unter dem Namen der Aeolischen Tonart als Grundlage melodischer und harmonischer Composition im Gebrauch. Unter diesen sechs Tonleitern war nur eine, nämlich die zweite plagalische, mit unserer C dur-tonleiter im Wesentlichen übereinstimmend, während die Dorische, Mixolydische und Aeolische Tonart unserer Molltonleiter insofern gleichen, als sie die kleine Terz des Grundtones enthalten. Der Phrygische und Lydische Kirchenton haben keinerlei Aehnlichkeit mit unseren heutigen Tonleitern.

Aber auch jene C dur-tonleiter war nicht, wie unsere heutige auf die Erkenntniß aller einfachen harmonischen Verhältnisse gegründet, sondern es waren die Intervalle noch ganz nach der in der griechischen Musik gebräuchlichen Weise abgetheilt. Huckbald (840 — 930), einer der ältesten Schriftsteller über christliche Kirchenmusik, deren Schriften wir noch besitzen, wendet zur Bezeichnung der Töne noch die S. 147 angegebenen griechischen Namen an, und die Art seiner Abtheilung des Monochordes führt zu folgenden Schwingungsverhältnissen und Intervallen:

	c		d		e		f		g		a		h		c_1
	1		$\frac{9}{8}$		$\frac{81}{64}$		$\frac{4}{3}$		$\frac{3}{2}$		$\frac{27}{16}$		$\frac{243}{128}$		2
Intervalle		$\frac{9}{8}$		$\frac{9}{8}$		$\frac{256}{243}$		$\frac{9}{8}$		$\frac{9}{8}$		$\frac{9}{8}$		$\frac{256}{243}$	

Nur die Quinte und Quarte sind rein, die Terze, Sexte und Septime aber sämmtlich zu groß. Die Tonleiter ist behandelt wie zwei getrennte griechische Tetrachorde nach der diatonischen Tonfolge; es folgen sich zunächst zwei ganze Töne und die folgende Stufe nimmt den Rest des Tetrachordes oder Quarteninvervalles ein. Uebrigens war als Quarte von f, also mit der Schwingungszahl $\frac{9}{16}$ noch der Ton b zwischen a und h in jene Tonleiter eingeschoben, die bis in's 16. Jahrhundert, also noch während der höchsten Blüthe des niederländischen Contrapunktes, im Gebrauche blieb und erst dann durch die Scale

c	d	e	f	g	a	b	h	c_1
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{16}{9}$	$\frac{15}{8}$	2

verdrängt wurde, welche die Erkenntniß sämmtlicher einfacher harmonischen Verhältnisse verräth und womit zugleich die Octaven für immer die griechische Tetrachordeintheilung, welche bis dahin in der

theoretischen Musik noch nicht ganz verschwunden war, ersetzt hatten. Dieses System würde allen Anforderungen genügt haben, wenn die Stufen benachbarter Töne darin einander gleich wären; die Halbtöne aber zwischen e und f, zwischen h und c_1 (den Ton b lassen wir, als nicht zur eigentlichen Tonleiter gehörig, hier außer Betracht) gestatteten nicht eine Melodie um einen oder mehre Töne zu transponiren, ohne daß neue Halbtöne zwischen bereits vorhandene Stufen eingeschaltet wurden. So machte sich das Bedürfniß nach den Tönen cis und des, dis und es, fis und ges, gis und as, ais und b geltend, und schon mit dem Beginne des 16. Jahrhunderts war, wie man aus Sebastian Wirdung's Musika ersieht, demselben entsprochen worden. Allein Ordnung und innere Festigkeit gewann das Tonsystem erst im Laufe des 18. Jahrhunderts, als die mathematische Theorie dasselbe beleuchtete und die Nothwendigkeit der gleichschwebenden Temperatur nachwiesen wurde.

Da bis in's 16. Jahrhundert die Instrumentalmusik, insoweit wenigstens, als die höhere Kunst sich ihrer annahm, nur als Begleiterin des Gesanges diente, konnte der äußere Umfang des Tonsystems, welcher von den ersten christlichen Musikern in engem Anschluß an das griechische Musiksystem zu zwei Octaven angenommen war, nur nach der Höhe hin um eine Octave zunehmen, indem das Bereich der Sopranstimme hinzutrat. Die außerhalb der Grenzen A und a_2, also von 110 und 880 Schwingungen, liegenden Töne, zwei und eine halbe Octave nach der Tiefe und ebensoviel nach der Höhe hin, gehören der Instrumentalmusik ausschließlich an. Die tiefste und höchste dieser Octaven von 16,5 bis 33 und von 2112 bis 4224 Schwingungen, oder von C_{-2} bis C_{-1} und von c_4 bis c_5 sind dem Tonumfang der Orgel und des Pianofortes erst im Laufe des 19. Jahrhunderts zugesetzt worden.

Den Entwicklungsgang einer Kunst, welche so sehr Gemeingut Vieler ist, wie die der Musik, mit historischer Treue darzustellen, hat eigenthümliche Schwierigkeiten, und es ist mühselig und unfruchtbar zugleich, nachweisen zu wollen, wo und von Wem jeder einzelne Schritt zum Vollkommeneren zuerst gethan wurde. Indessen wird die Einsicht in die Entwicklung der Harmonie erleichtert durch den Umstand, daß die kunstmäßige Fortbildung der modernen Musik

viele Jahrhunderte lang im Dienste und unter der strengen Aufsicht der christlichen Kirche geschah, welche eine uniforme Behandlung der Kunst stets anstreben mußte. Zudem aber war die einfache mathematische Grundlage des Harmonischen sowohl als des Rhythmischen in der Musik, wie unvollkommen die Erkenntniß derselben in früheren Zeiten auch sein mochte, Ursache, daß der Fortschritt jener Kunst in einem Maße, wie bei keiner anderen, unter dem Einfluß theoretischer Forschung stand und somit die noch vorhandenen Werke der bedeutendsten Theoretiker in der That die allmälige Entwicklung der Musik mit größter Annäherung an die Wahrheit abspiegeln.

Der Ausdruck „Harmonie“ wurde bis in's 16. Jahrhundert, wo der große Meister Giosesso Zarlino seine istitutioni harmoniche herausgab, in keiner anderen Bedeutung gebraucht, als heutzutage das Wort „Melodie“; aber das Organum des 9., 10. und 11. Jahrhunderts, der sich daraus entwickelnde Discantus oder Déchant des 12. und 13. Jahrhunderts, endlich der Contrapunkt des 14. und 15. Jahrhunderts enthalten die Regeln der gleichzeitigen Anwendung harmonischer Intervalle.

Schon Isidor, welcher als Bischof von Sevilla im Jahre 636 starb, spricht in seinen musikalischen Schriften von der Verbindung mehrer gleichzeitigen Töne und zählt fünf Consonanzen auf, die Octave, die Doppeloctave, die Quinte, die Octave mit der Quinte und die Quarte. Zu diesen fügte Huckbald, ein flandrischer Mönch (900 n. Chr.), noch eine sechste Consonanz, die Octave mit der Quarte, und gab in seinem Organum Anleitung, wie eine Hauptstimme von einer, zweien oder dreien Gegenstimmen in parallel mit ihr fortschreitenden Octaven, Quinten und Quarten zu begleiten sei, eine Fortschreitung, welche schon ihrer Einförmigkeit wegen von der neueren Harmonielehre gänzlich verworfen wird. Ob der Name Organum dazu berechtigt, anzunehmen, daß die ersten harmonischen Verbindungen an der Orgel aufgefunden wurden, muß dahin gestellt bleiben, da jener Name keineswegs für die Orgel allein, sondern für musikalische Instrumente überhaupt, insbesondere aber für Blasinstrumente gebräuchlich war. Auch hatte die Orgel in jenen Zeiten, da das Organisiren der Gesangstimmen aufkam, noch keineswegs eine für das Spielen von Harmonieverbindungen einladende

Einrichtung, da die Tasten mit den Füßen getreten, oder mit voller Kraft der Arme niedergeschlagen werden mußten. Die Vermuthung dagegen, daß das Mitklingen der harmonischen Obertöne in den Orgelpfeifen, deren drei erste die Intervallenverhältnisse der Octave, der Quinte, der Doppeloctave zum Grundtone, und die beiden letzten zueinander das Verhältniß der Quarte enthalten, Veranlassung war, ein ähnliches Stimmenverhältniß im Gesange zu versuchen, dürfte nicht zu gewagt erscheinen. Das Organum Guido's von Arezzo aus der ersten Hälfte des 11. Jahrhunderts hatte durchaus keine Vorzüge vor dem älteren Huckbald's; er zog die parallele Begleitung der Grundstimme in der Quarte derjenigen in der Quinte, oder, wie die lateinischen Schriftsteller jener Zeit sich ausdrücken, das Diatessonare dem Diapentissare vor. Ueberhaupt ist Guido als Erfinder der Notenschrift, sowie der Harmonie, in einigen unverdienten Ruf gekommen, was sich erklärt, wenn man weiß, daß der italienische Mönch als musikalischer Reiseprediger und Missionär einen großen Theil Europa's durchzog und seine Art des Organisirens, sowie namentlich seine Methode der Gesangeinübung mit entschiedenem pädagogischem Talente an vielen Orten einzuführen verstanden hat.

Aus dem Organum scheint sich der Discantus entwickelt zu haben, welcher nichts anderes bedeutet, als eine zweite begleitende Stimme, welche über der Hauptmelodie, dem Tenor, ausgeführt wurde. In den Werken Franco's von Köln, des bedeutendsten musikalischen Schriftstellers des 13. Jahrhunderts, finden sich sogar schon Regeln für den drei- und vierstimmigen Gesang. Nachdem der Anstoß einmal gegeben und das Discantiren im Kirchengesang zugelassen war, bemächtigte sich das natürliche musikalische Gefühl der neuen Kunst; das Discantiren wurde, namentlich in Frankreich, zur Leidenschaft; musikalisch begabte Natursänger suchten sich im Kirchengesang durch kühne Führung des Discants in solchem Grade auf Kosten des ernsten Zweckes hervorzuthun, daß Verordnungen zur Bewahrung der Würde des Kirchengesanges erlassen werden mußten, welche unter Anderem bestimmten, daß bei Todtenmessen niemals discantirt werden dürfe. In dieser Zeit scheint die Kunst harmonischer Tonverbindungen, welche vorher vorzugsweise Eigen-

thum der für den Kirchendienst errichteten Gesangschulen geblieben war, in's Volksbewußtsein übergegangen zu sein.

Ein höchst bemerkenswerther Fortschritt wurde durch Franco von Köln in der Kunst des harmonischen Satzes dadurch gemacht, daß er große und kleine Terzen, welche er unvollkommene Consonanzen nannte, im Discant anwendete und selbst schon Dissonanzen als Durchgänge von einer Consonanz zur andern einschaltete. Die strenge Kirchenmusik nahm nur allmälig solche Neuerungen an; in einer Bulle, welche Pabst Johann XXII. im Jahre 1322 zu Avignon gegen die Licenzen der Musiker erließ, indem er alle ihre Unternehmungen zur Verweltlichung des Kirchengesanges mit schweren Strafen bedrohete, ist die Begleitung der Grundmelodie in der Octave, in der Quinte und Quarte als eine erlaubte Kunst bezeichnet, der Terz aber ist darin nicht mit gleicher Gnade gedacht. Ja bis zu Ende des 16. Jahrhunderts ist eine Terzenscheu in den Schlußaccorden der Kirchencompositionen bemerkbar; ein Beweis, wie langsam das Ohr sich die Fähigkeit erwarb, das Schwingungsverhältniß 4 : 5 in so weit zu bemeistern, daß es ihm als ein einfaches und in keiner Art die Würde einer Harmonieverbindung störendes erscheinen konnte. Prätorius bemerkt, nachdem er die allmälige Entwicklung der Harmonie an der Orgel geschildert: „Sie haben auch nicht trauen dürfen, daß die Tertien und Sexten consonantiae wären, dieweil die alten Musici alle mit einander nicht zugeben, daß sie consonantiae sein sollen. Darum denn keiner so vorschnappig sein und so klug sich dünken lassen wollen, daß er dieß besser, als Ptolomäus, Boëthius, Euclides und andere fürtreffliche Musici wissen wollte.“ Euler, ein tiefer Kenner der Theorie, sagt geradezu, der wesentliche Unterschied der neueren und der alten Musik bestehe in der Kühnheit und Geschicklichkeit, welche allmälig gewachsen sei und sich ausgebildet habe, die complicirteren Intervalle anzuwenden. Franco nannte die Secunde, die übermäßige Quarte, die große und kleine Septime vollkommene Dissonanzen, die große und kleine Sexte unvollkommene Dissonanzen. Die letzteren, welche so gut wie die Terzen auf der Erfassung des fünftheiligen Zeitmaßes beruhen, sind seitdem zu Consonanzen geworden. Nichts Anderes kann diese Aenderung bewirkt haben, als

eine gesteigerte Uebung des musikalischen Gehörs, welches allmälig immer complicirterer Verhältnisse Meister wurde. Der Septimenaccord, bestehend aus dem Grundton, der großen Terz, der Quinte und kleinen Septime, deren Schwingungsverhältnisse 20 : 25 : 30 : 36 so nahe den einfacheren Zahlen 4 : 5 : 6 : 7 verwandt sind, dieser Accord, welcher eine so hervorragende Rolle in der neueren Musik spielt, wurde von Zarlino zuerst in die Compositionslehre eingeführt. Doch findet man schon in den Schriften des Joannes de Muris und des Marchettus von Padua zu Anfang des 14. Jahrhunderts richtige Begriffe über Dissonanzen und die Nothwendigkeit ihrer Auflösung. Der Letztere nahm die Quarte und Quinte als vollkommene Consonanzen gegen Franco von Köln in Schutz, welcher sie gegenüber dem Einklang und der Octave nur als sogenannte mittlere Consonanzen gelten ließ. Er wandte hie und da die kleine Secunde, die große Septime und große Quarte an, ein musikalisches Wagestück für die damalige Zeit, wie die Anwendung der übermäßigen Sexte und None zu Ende des 18. Jahrhunderts oder die Anwendung der großen Septime neben der Octave in jetziger Zeit.

Derselbe Fortschritt vom Einfacheren zum Zusammengesetzten, welcher in der Anwendung der Consonanzen an sich zu erkennen ist, herrscht auch in der Verbindung der Accorde untereinander, der Consonanzen und Dissonanzen, zu dem Ganzen eines Harmoniegewebes. Die Erfinder der Harmonie tasteten gleichsam im Dunkel vorwärts, ausschließlich geleitet von ihrem musikalischen Gefühl; ihr Weg war nicht durch die Fackel akustisch-musikalischer Theorie beleuchtet, und auch heutzutage noch kennt diese Theorie keine andere Aufgabe, als nachzuweisen, wie der unbewußte Entwicklungsgang des Kunstgenius einen höchst einfachen natürlichen und mathematischen Grund hatte.

In den früher angegebenen Dreiklängen sind die mehrstimmigen Consonanzen, welche sich innerhalb einer Octave bilden lassen, erschöpft. Vollkommen consonirende Vierklänge müßten nothwendig die Wiederholung eines bereits angewendeten Tones in der höheren oder tieferen Octave enthalten. Alle aus den zwölf Tönen einer Octave gebildeten Vierklänge sind nothwendig dissonirend; aber der

Grad der Dissonanz kann ein sehr verschiedener sein. Wenn der vierte, zu einem Dreiklange hinzukommende Ton mit zwei Tönen des letzteren consonirt, und auch die Dissonanz mit dem dritten Ton nicht schärfer ist, als sie das Intervall $\frac{10}{9}$ (logarithmisch = 152) giebt, wird der Accord ein einfach dissonirender genannt. Diesen Anforderungen kann ein Ton nicht genügen, welcher in die Intervalle der großen oder der kleinen Terz des Dur- oder Molldreiklanges eingeschaltet wäre, es giebt daher in unserem practischen Tonsystem nur die folgenden einfach dissonirenden Vierklänge

C, E, G, B; C, E^b, G, B; C, E, G, A; C, E^b, G, A,

deren dritter aus dem zweiten allein durch Versetzung des Grundtones in die höhere Octave hergeleitet werden kann; während man den vierten nach Versetzung des höchsten Tones A in die tiefere Octave auch so schreiben kann: C, E^b, G^b, B. Somit bleiben die folgenden drei einfach dissonirenden Vierklänge:

Hauptseptimenaccord	C : E : G : B = 20 : 25 : 30 : 36
Weicher Septimenaccord	C : E^b : G : B = 10 : 12 : 15 : 18
Kleiner Septimenaccord mit kleiner Quinte	C : E^b : G^b : B = 25 : 30 : 36 : 45.

Wenn der vierte Ton mit zwei Tönen des zu Grunde gelegten Dreiklangs dissonirt, wie z. B. in den Accorden C, F, A^b, B und C, E^b, A^b, B, in welchen der vierte Ton nicht in die Quartenintervalle C F und E^b A^b, sondern in das Terzintervalle A^b c eingeschaltet erscheint, so heißt der Accord ein doppelt dissonirender. Diesen Namen erhalten die Accorde auch dann noch, wenn das doppelte Dissoniren mit einem Tone stattfindet, welcher zwar nicht wirklich in dem Accorde enthalten ist, aber in der Vorstellung nothwendig ergänzt wird, wie z. B. in dem fünfstimmigen Nonenaccorde C, E, G, B, d die Octave des Grundtones. Von noch geringerem Wohlklange sind die blosen Vorhalte oder zufälligen Dissonanzen, welche durch Veränderung einer oder mehrer ihrer Töne um eine einzige Stufe in consonirende oder doch nur einfach dissonirende Accorde übergehen. Der verminderte Septimenaccord Cis : E : G : B = 75 : 90 : 108 : 125, aus drei übereinanderliegenden kleinen Terzen gebildet, und der dreistimmige Accord C F B, aus

zwei aufeinandergebauten Quarten bestehend, sind Beispiele aus dieser ungemein zahlreichen Klasse von Dissonanzen.

Die Aufeinanderfolge verschiedener Accorde ist dem musikalischen Gefühl um so angemessener und faßlicher, in je einfacherem Verhältnisse die Schwingungszahlen des folgenden Accordes zu denjenigen des vorhergehenden stehen. Die Folge der Accorde C, F, A, C und C, E, G, c zum Beispiel ist darum weder störend noch aufregend, weil die Schwingungsverhältnisse 12 : 16 : 20 : 24 des ersteren zu den Verhältnissen 12 : 15 : 18 : 24 in sehr einfacher Beziehung stehen, zumal da der tiefste und höchste Ton in beiden Accorden ganz die nämlichen sind. Bei dem Uebergang von C, E, G, c in Cis, Eis, Gis, cis dagegen, also von 96 : 120 : 144 : 192 in 100 : 125 : 150 : 200 findet sich das Gehör durch die plötzliche Steigerung der Schwingungszahlen in dem wenig einfachen Verhältnisse von 24 : 25 überrascht, und es gehört eine gewisse Zeit dazu, bis die Vergleichung zwischen dem, was war und dem, was ist, überwunden wird und das Ohr sich ausschließlich dem Genuß des an sich consonirenden neuen Accordes hingiebt. Hierauf beruht der Unterschied zwischen näherer und entfernterer Verwandtschaft der Tonarten. Ohne Zweifel ist auch durch die nämliche Ursache der unangenehme Eindruck bedingt, welchen das Aufsteigen in nebeneinanderliegenden Quinten, Quarten und Terzen dem feinen musikalischen Gehör bereitet, das selbst eine Aufeinanderfolge von Octavgängen nicht vollkommen gut zu heißen vermag.

Eine Dissonanz wirkt im Allgemeinen um so unbefriedigender, je geringer die Aenderung ist, durch welche sie einer gefälligen Consonanz zugeführt werden kann. Das Ohr begehrt die Auflösung durch Aufsteigen oder Absteigen vom dissonirenden Tone aus, je nachdem der Ton, welcher an seiner Statt die Consonanz herzustellen vermag, näher nach Oben oder nach Unten zu finden ist. Nur dann, wenn der Abstand nach beiden Seiten gleich ist, erlaubt das musikalische Gefühl die Auflösung nach beiden Seiten hin mit gleicher Bereitwilligkeit. Es wird aus diesen Erörterungen im Allgemeinen verständlich, daß unter einem Leitaccorde eine Dissonanz zu verstehen sei, welche in dem musikalischen Gefühl das unzwei-

deutige Verlangen nach der ihr zur Auflösung dienenden Consonanz erregt.

Diese Regeln, welche jetzt längst im Bewußtsein jedes Componisten lebendig sind, wurden von dem musikalischen Sinne nur ganz allmälig herausgefühlt. Wenn auch schon Marchettus von Padua und Joannes de Muris im Beginne des 14. Jahrhunderts erkannt hatten, wie eine Dissonanz aufzulösen sei, und daß zwei vollkommene Consonanzen nicht in gerader Bewegung aufeinander folgen sollen, wenn auch die fortschreitende Kunst des Contrapunktes immer häufigere Dissonanzen wenigstens auf dem schlechten Tacttheile oder als Verzögerung eines consonirenden Accordes anzuwenden lehrte, so durfte doch Luther mit Recht sagen, daß bis auf Josquin de Prés, Ende des 15. Jahrhunderts, die Componisten nur noch musikalisch buchstabirten, jener Meister aber zuerst in verschiedenen Stylgattungen fließend zu schreiben verstanden habe. Wie weit selbst die Compositionen des hundert Jahre später lebenden unsterblichen Meisters Giovanni Pieruligi da Palestrina von dem Character der heutigen Musik abweichen, möge das Urtheil Krause's bestätigen, welcher sagt: „In Palestrina's Werken findet sich meist reine, wenig vorbereitete und vermittelte, durch chromatische Töne nur selten gemilderte Accordenfolge, im raschen Fortschreiten in entferntere Tonarten, deren Grundtöne in der diatonischen Scale liegen, nur seltener und dann bestimmt motivirter Gebrauch der Septimen und des Nonenaccordes und überhaupt nur sparsamer, aber desto wirksamerer Gebrauch der Chromatik. Dieser Styl hat einen bleibenden Werth für alle Zeiten, als eine in ihrer Art vollendete, im Geist und Gemüth des Menschen tief begründete Kunstgattung." Die Kunst, das musikalische Gehör mittelst mannichfacher Vorbereitung und mittelst der leisesten Uebergänge durch die Irrgänge aller Tonarten gleichsam hindurch zu schmeicheln, die plötzlichen Uebergänge aber für beabsichtigte grellere Effekte zurückzubehalten, gehört neueren Zeiten an. Bei den auf's Höchste getriebenen Zierrathen und Subtilitäten der contrapunktischen Composition vor Palestrina war es auf ganz andere Dinge abgesehen, als auf wirkliche Befriedigung des musikalischen Gehörs. Diese Künsteleien bestanden in der Umkehrung musikalischer Sätze, in ihrer

Nachahmung in verschiedenen Stimmen, in fugenartigen Compositionen, welche recte et retro d. h. vorwärts und rückwärts gesungen werden konnten, Kunststücke, welche bei den damals noch geringen Mitteln harmonischer Combination zu den größten Härten und Widernatürlichkeiten führen mußten. Die jeder ächten Kunst fremden Probleme, welche sich die Componisten jener Zeit stellten, sind denjenigen der Dichter zu vergleichen, welche es sich zur Aufgabe machen, jede Zeile eines Gedichts mit einem bestimmten Buchstaben anzufangen, oder im ganzen Gedicht einen gewissen Buchstaben zu vermeiden, oder endlich die Worte so zu wählen, daß eine Zeile vor- und rückwärts gelesen werden kann. Jene Ausartungen theoretischer Schulweisheit, verbunden mit dem Mißbrauch, Messen über die Grundmelodie weltlich-frivoler Lieder zu componiren*), hätten das mit der Reinigung der Kirchenmusik beschäftigte Concil zu Trient beinahe vermocht, Figuralmusik und Contrapunkt aus der Kirche zu verbannen, wenn nicht Palestrina durch mehre eigens zu diesem Zwecke componirte Musikstücke eine im Jahre 1565 ernannte Commission von acht Cardinälen überzeugt hätte, daß der Contrapunkt, richtig angewendet, der Würde der Kirchenmusik keineswegs Eintrag thue.

Daß selbst Jahrhunderte nach der Erfindung des Contrapunktes das Wohlgefallen am alten Organum, d. h. an Quinten-, Quarten- und Octavengängen noch nicht überwunden war, daß selbst bis zum 17. Jahrhundert die Schlußaccorde noch dem Organum gemäß blieben, bis man endlich eine Terz, und zwar lange Zeit nur eine große Terz, einzumischen wagte, da man bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts nicht leicht in Moll schloß, daß man in den ersten Jahrhunderten der Ausübung des Contrapunkts nur nach der Harmonie der Stimmen unter sich strebte, ohne Acht auf das

*) Daß solche Ausartungen des Geschmacks wiederkehren, beweist ein im Jahre 1835 in Avignon erschienenes Werk: Concerts spirituels ou recueil des Motets pour les offices et les saluts des fêtes solennelles, worin der Text: lauda Sion salvatorem zu Don Juans Champagnerliede; docti sacris institutis zu Leporello's „keine Ruh' bei Tag und Nacht"; inviolata, integra et casta Virgo Maria zu Weber's Jungferntanz enthalten ist.

mehr oder minder Gefällige in der Aufeinanderfolge der Accorde — Alles dieß sind sprechende Zeugnisse, daß die harmonische Composition eine erworbene Kunst ist, welche nur mit der Ausbildung und Verfeinerung des musikalischen Gehörs fortschreiten konnte. Daß die Entwickelung jener Kunst noch fortdauert, daß Dissonanzen von immer höherer Ordnung in Gebrauch genommen und damit die Mittel der musikalischen Färbung und Schattirung vermehrt, sowie die Stetigkeit der Uebergänge vervollkommnet werden, leidet keinen Zweifel. Ob es hierin eine Grenze giebt, bei deren Ueberschreitung das Ohr einer Verbildung geziehen werden könnte, und wo diese Grenze liegt, kann nur vor dem Richterstuhl besonders berufener, hochbegabter Künstler entschieden werden, da die Wissenschaft noch weit davon entfernt ist, dem Geschmack einen Maßstab zu bieten.

Einige Kunstrichter berühmten Namens scheinen es von Vornherein als absurd angenommen zu haben, daß eine Kunst Werth haben könne, welche erst nach der Zeit des klassisch griechischen Alterthums Trieb und Entwicklung fand. Sulzer erklärt die Harmonie für eine überflüssige, Rousseau sogar für eine verwerfliche Beigabe der Musik. Der Letztere sagt in seinem dictionnaire de musique in dem Artikel Harmonie: „Wenn wir bedenken, daß von allen Völkern der Erde keines ohne Musik und Melodie ist, jedoch nur die Europäer Harmonie und Accorde haben und ihre Mischung angenehm finden, wenn wir bedenken, wie viele Zeitalter die Welt bestanden hat, ohne daß eine der Nationen, welche die feinen Künste cultivirt haben, diese Harmonie kannte, daß kein Thier, kein Vogel oder Wesen in der Natur einen anderen Ton als den Einklang, oder andere Musik, als blose Melodie hervorbringt, daß weder die morgenländischen, so klangvollen musikalischen Sprachen, noch die mit so vieler Feinheit und Empfindlichkeit begabten und mit so viel Kunst gebildeten Ohren der Griechen, jemals dieses enthusiastische und wollüstige Volk zur Entdeckung unserer Harmonie führten, daß ihre Musik ohne dieselbe so wundervolle Wirkungen hatte und unsere mit ihr so schwache, wenn wir bedenken, daß es einem nordischen Volke, dessen grobe und stumpfe Organe mehr durch die Stärke und das Getöse der Stim-

men, als durch die Süßigkeit der Accente und die Biegungen der Melodie gerührt werden, aufbehalten war, diese große Entdeckung zu machen und alle Grundsätze und Regeln der Kunst darauf zu bauen, wenn wir dieß Alles bedenken, so ist schwer der Argwohn zu vermeiden, daß alle unsre Harmonie, auf die wir so stolz sind, nur eine gothische barbarische Erfindung sei, an die wir nie gedacht haben sollten, wenn wir mehr Gefühl für die wahren Schönheiten und für eine wahrhaft natürliche und rührende Musik hätten." Sulzer führt zur Begründung seines Urtheils neben dem Umstand, daß die gebildeten Völker des Alterthums keine Harmonie kannten, noch an, daß viele Völker Tanzgesänge, daß wir selbst Tanzmelodieen haben, welche ohne harmonische Begleitung sind. "Daß die zum Behufe des Tanzens gemachten Gesänge" fährt er fort "das eigentliche Werk der Musik sind, daran kann Niemand zweifeln, der bedenkt, daß die Bewegung und der Rhythmus, folglich Das, was in der Musik gerade das Wesentliche ist und den Gesang zu einer leidenschaftlichen Sprache macht, in denselben am Vollkommensten beobachtet werden. Nun wird Niemand in Abrede stellen, daß vortreffliche Tänze ohne Rücksicht auf Harmonie gemacht werden. Also ist die Harmonie zur Musik nicht nothwendig." Solche Urtheile erwecken mehr durch ihre Sonderbarkeit Interesse, als daß sie zu ernstlicher Widerlegung auffordern könnten. Die Harmonie ruht auf einem Grunde, welcher auch der Melodie eigen ist, auf der näheren oder entfernteren Verwandtschaft der Töne. Allerdings fordert es mehr Sammlung des musikalischen Sinnes, größere Elasticität der musikalischen Phantasie, ein mit Harmoniegeweben ausgestattetes Thema zu erfassen und in allen seinen ästhetischen Bezügen zu verstehen, als es die durchsichtigere Melodie für sich verlangt. Ein in schlaffer Sinnlichkeit befangenes Volk wird sich ausschließlich melodiösem Klingen hinneigen, wie andererseits auch das Wohlgefallen an rein abfließenden Accorden an sich zu sinnlichem Genuß werden kann; aber wo beide musikalische Mächte mit Geist zur Bildung von Tonformen benutzt sind, da können sie auch den Geist erfassen und erheben. Die Harmonie verhält sich für den Componisten zur Melodie, etwa wie die Farbengebung und Schattirung in der Hand des Malers zur Zeichnung der Umrisse; die

Harmonie bildet, wo sie von Meisterhand geschaffen ist, die erklärenden Noten zum Texte der Melodie und macht nicht selten Sinn und Bedeutung derselben erst recht offenbar. Welcher Componist möchte sich jetzt noch der Mittel begeben, die ihm durch die Wahl des Dur- oder Molltongeschlechtes, durch die seltenere oder häufigere Anwendung der Dissonanzen, durch die vollständigere oder unvollständigere Vorbereitung derselben, durch die größere Kühnheit der Modulation oder durch ihre sparsamere Verwendung zu Gebote stehen? Man kann mit Sulzer den Rhythmus für das Wesentlichste in der Musik halten, ohne darum in dem Wirbel der Trommel mehr oder ebensoviel Musik zu finden, als in dem Choral von vollendetstem harmonischen Satze, dessen Noten in gleichem Zeitmaße gesungen werden.

Es besteht eine Analogie, welche, auf dem guten Grunde ähnlicher physikalischer Verhältnisse erbaut, durch ein an sich unverwerfliches Streben nach Einheit, durch den Wunsch, die Gebiete zweier schönen Künste einander näher zu rücken, allzuweit fortgeführt wurde, die Analogie zwischen Farben und Tönen. Newton unterschied schon mit Rücksicht auf die sieben Töne der diatonischen Scale die bekannten sieben Farben des Regenbogens: Roth, Orange, Gelb, Grün, Hellblau, Dunkelblau und Violett, obgleich bei dem ganz stetigen Uebergang dieser Farben im gebrochenen Sonnenstrahle ihre Zahl unbegrenzt anzunehmen ist. Vom äußersten Roth bis zum Violett steigen die Schwingungszahlen etwa von 420 bis 840 Billionen in der Secunde, das Auge umfaßt daher nur Eine Octave, während dem Ohre ein Gebiet von mehr als elf Octaven zugänglich ist. Unger hat die folgende Vergleichung der Farben- und Tonverhältnisse aufgestellt:

Ton	Schwingungszahl		Farbe	Ton	Schwingungszahl		Farbe
C	435	Billionen	Carmoisin	Fis	615	Billionen	Blaugrün
Cis	461	"	Hochroth	G	652	"	Blau
D	488	"	Feuerroth	Gis	691	"	Indigo
Dis	517	"	Orange	A	720	"	Violett
E	548	"	Gelb	B	775	"	Lilla
F	581	"	Gelbgrün	H	821	"	Purpur.

Die Verbindung Carmoisinroth, Gelb und Blau, welche man in den Gemälden der ersten Meister vorzugsweise angewendet findet,

entspricht dem C dur=accorde; nur in der Frescomalerei, bemerkt Unger, wo man das reine Roth nicht leicht erreichen könne, werde ein um einen halben Ton tieferer Accord, Purpur, Orange und Blaugrün, vorherrschend, wie man sich unter Anderem bei Betrachtung der Pompejanischen Wandgemälde überzeugen könne. Es scheint bei solcherlei Betrachtungen, wie anziehend dieselben übrigens erscheinen mögen, übersehen zu sein, daß das Auge die Fähigkeit der Erfassung von Schwingungsverhältnissen, also einer Intervallenbestimmung, wie sie das Ohr besitzt, gar nicht hat. Niemand wird bei der Combination von Roth, Gelb und Blau eine geringe Abweichung der gelben und blauen Farbe von den im Dreiklang geforderten Schwingungsverhältnissen in dem Grade unangenehm empfinden, wie das Ohr eine entsprechende Abweichung der Terz und Quinte von der Reinheit; ja in den meisten Fällen wird eine solche Abweichung überhaupt nicht bemerkt werden. Daher erklärt es sich, wie zwei Farben sich zu einem homogenen Mitteltone, wie alle Farben des prismatischen Bildes sich zu Weiß mischen können, da die Geistesthätigkeit nicht auf die Erfassung der Schwingungsverhältnisse gerichtet bleibt, wie dieß bei den Tönen der Fall ist. Ein gleichzeitiges Erklingen sehr vieler über eine Octave verbreiteter Töne würde dem Ohr den abschreckenden Eindruck eines entsetzlichen Tongewirres bereiten, während das Auge das aus der Mischung aller Farben hervorgehende Weiß ohne Schmerzen empfindet. Schon in den über das Bereich der musikalischen Töne hinausgehenden Octaven, von der fünfgestrichenen Octave an aufwärts, wird die Intervallenbestimmung auch für geübte Musiker schwierig, in der sieben= und achtgestrichenen Octave verliert sich die Bestimmbarkeit der Intervalle ganz, und die unverhältnißmäßig rascheren Schwingungen des Lichtäthers scheinen jede Möglichkeit einer derartigen Bestimmung auszuschließen. Das Mißfallen, welches die Nebeneinanderlagerung nur wenig verschiedener Farbentöne in uns erregt, mag allerdings an die Dissonanz einander nahe liegender Töne erinnern, aber man darf nicht übersehen, daß es sich bei den Farben um streng geschiedene, nebeneinanderliegende, bei den Tönen um gleichzeitige, von den nämlichen Nerventheilen aufgenommene Eindrücke handelt. Eine Farbenmusik in dem strengen

Sinne des Wortes, zu vergleichen einer harmonischen Composition, würde andere Qualitäten des Auges voraussetzen.

Nur möge man derartige Ausschreitungen, sowie die Ueberschätzung der mathematischen, mechanischen und dynamischen Momente der Musik nicht der Naturforschung zur Last legen. So sehr der unläugbare Zusammenhang zwischen einfachen Schwingungsverhältnissen und dem Wohlklang dazu aufzufordern scheint, so ist es doch niemals einem Naturforscher in den Sinn gekommen, es könne ihm gelingen, die Schönheiten einer Mozart'schen Sonate oder einer Beethoven'schen Symphonie durch ein Rechenexempel nachzuweisen, die wunderbaren Wirkungen, welchen ein reizbares Nervensystem durch die Musik unterliegt, oder gar die Eindrücke, welche einem sensiblen Gemüth durch Harmonie und Melodie bereitet werden, auf die Gesetze der Resonanz zurückzuführen, welche Thüren und Fenster eines Concertsaales erschüttern. Der consequente Gedanke der Forschung schließt auch die Möglichkeit der Lösung jener Probleme in einer fernen Zukunft nicht aus; und was uns als freie Geistesthätigkeit erscheint, mag wohl ebenso gewiß unbeugsamen Gesetzen unterthan sein, als der Fall des fließenden Wassers, als der Weg des Schalles und Lichtes; denn es ist „alles geordnet nach Maß, Zahl und Gewicht" *).

Von einem einfachen Dreiklang bis zur Symphonie ist ein weiter Weg, so weit, wie von Unger's Farbendreiklang zu einer Raphael'schen Stanze, von einer Säule oder einem Spitzbogen zum griechischen Tempel oder gothischen Dome. Um die Vorzüge eines musikalischen Meisterwerkes zergliedernd nachzuweisen, bedarf es des Verständnisses der Seelenthätigkeiten und der Ansprüche der Phantasie ebensowohl, wie der Kenntniß von Septaccorden und Rhythmenfolgen. Ebenmaß und Contrast, die Beziehungen aller Theile des Kunstwerkes zum Ganzen, die Mannichfaltigkeit in der Einheit, sind alles Bedingungen der Schönheit, deren Wirkungen auf die Seele noch niemals gemessen wurden. Wie soll man da rechnen können?

---

*) Weisheit Salomonis, Cap. 11, Vers 22.

Keiner unserer Sinne steht in so naher und so umfassender Verbindung mit den Empfindungsnerven unseres ganzen Körpers, als das Gehör. Daher rührt zweifellos ein großer Theil der unmittelbaren Wirkungen der Töne. Wie die Saite unter dem Einfluß gleichgestimmter Klänge erzittert, so beben sämmtliche Empfindungsnerven unseres Körpers, wenn der Gehörnerv von den Schallwellen des Luftmeeres erschüttert wird. Die Macht der Rhythmik bringt auf diesem Weg zu uns, sie hebt als Tanzmusik die Füße, oder treibt uns im stürmischen Marsche unaufhaltsam voran. Dieß ist aber keine Musik im höheren Sinne, sondern nur eine ihrer elementaren Mächte, deren Gewalt selbst die Thiere mit uns empfinden, auf welche sie wirkt, wie der Goldglanz auf den Raben, oder die rothe Farbe auf den Stier.

Auf wilde Völker wirkt Musik gerade der rohesten Art am Stärksten. Der heidnische Priester der Bratski's, welche die Ufer des Baikalsee's und der Lena bewohnen, die Zauberin, vor welchen die Teleuten anbetend niederfallen, gerathen, das schellenbehangene Tambourin schlagend, in wüthende Verzückungen; die Indianer des Westens führen ihre Tänze beim Schalle der Trommel, der knochenbehangenen Rassel, des mit Kieseln gefüllten Kürbiß, oder bei dem Knalle gespaltener Holzstücke aus.

Möglich, daß selbst einige der im Alterthume und Mittelalter so gepriesenen medicinischen Wirkungen der Musik, welche nach L i c h t e n t h a l sich auf die Heilung von Gicht, Epilepsie, Pest, Fieberwahnsinn und selbst der Dummheit erstrecken sollen, auf solch' eindringlicher Nervenerschütterung beruhen. Aber warum B a p t i s t a P o r t a der Ansicht war, daß die Töne einer aus Helleborus geschnitzten Flöte Wassersucht, solcher aus Pappelholz Hüftweh und aus Zimmetrohr Ohnmachten zu heilen vermöchten, wird wohl so leicht Niemand ergründen. Die Anwendung der Musik bei Geisteskrankheiten, welche in den Hospitälern in Wien und in der Salpetrière zu Paris bis zur Ausführung von Vocal- und Instrumentalconcerten, allein durch Irre, gediehen ist, läßt auf keinen Fall eine nur mechanische Erklärung zu.

Die Musik als Naturgewalt ist nirgends glänzender verherrlicht, als in den Sagen der Inder, welche nicht nur berichten, daß

Menschen und Thiere ihr blindlings Folge leisteten, sondern, daß selbst die leblose Natur den Ragi's, welche der Gott Mahedo in Gemeinschaft mit seiner Gemahlin Parbutea componirte, unterthan war. Mia-Tousine, ein berühmter Sänger aus der Zeit des Kaisers Akber, sang einst mitten am Tage einen Raga, welcher der Nacht geweiht war, und siehe, es schwand die Sonne *) und Dunkelheit verbreitete sich um ihn, so weit seine Stimme reichte. Ein anderer jener Ragi's besaß die Kraft, den Sänger in Feuer aufgehen zu machen, welcher ihn zu singen wagte. Akber befahl einem Musiker, jenen Raga zu singen, während er bis an den Hals im Flusse Djemnah stand. Der Unglückliche verbrannte mitten im Wasser.

So wenig die subjectiven Empfindungen, welche die Musik in dem Hörer wachruft, einen Maßstab für die ästhetischen Vorzüge der Composition **) geben können, welcher vielmehr in dem musikalischen Gehalt selbst, in der Schönheit der Tonformen zu suchen ist, so wenig kann es Jemanden einfallen, die vorzugsweise und unmittelbare Wirkung dieser herrlichen Kunst auf die Empfindung in Abrede zu stellen. Die Empfindung freilich ist ein sinnlicher Act, ihrer ist der gebildete Mensch wie der rohe, ja das Thier ist ihrer fähig. Auch ist es nur das sinnliche dynamische Moment, welches die Musik mit den Empfindungen gemein hat, wovon sie, wenn man so sagen darf, ein akustisches Daguerreotyp entwirft, mit ihren Mitteln der Rhythmik, der weiten oder engen Tonfolge, des gebundenen oder abgesetzt gebrochenen Vortrages, des Piano und Forte.

Unendlich verschieden nach der Individualität und dem Grade der Bildung, ein Ergebniß alles vorangegangenen Seelenlebens sind die Gefühle, welche bei dem geistigen Anschauen einer Tondichtung

---

*) Dergleichen geschah zuerst im 19. Jahrhundert wieder. Pariser Blätter meldeten, so herrlich habe Dreyschock auf dem Piano gespielt, daß die Kerzen heller erglänzten in ihren krystallenen Kelchen.

**) Anstatt eigener Ausführungen verweisen wir den Leser auf die Schrift: Vom Musikalisch-Schönen von Dr. Eduard Hanslick, worin der Verfasser obigen Satz auf dem Grunde der ästhetischen Principien Vischer's in höchst geistreicher Weise entwickelt.

im Gemüthe des Hörers auftauchen, eine unmittelbare Folge der Empfindungen, welche das kunstvolle Gewebe von Harmonie und Melodie erregte. In unserem Innern ist das Sinnliche mit dem Geistigen, der unbewußte Vorstellungs- und Denkproceß mit dem bewußten Denken und Urtheilen innig verbunden und mannichfach verwoben. Ist es schon

— — — mit der Gedankenfabrik
Wie mit einem Webermeisterstück,
Wo Ein Tritt tausend Fäden regt,
Die Schifflein herüber hinüber schießen,
Die Fäden ungesehen fließen,
Ein Schlag tausend Verbindungen schlägt,

so herrscht noch ein tausendfach mannichfaltigeres und schwieriger zu entwirrendes Leben und Weben, wo Empfindungen und Gefühle vorwiegend mit eintreten. Darum wird es ein vergebliches Bemühen sein, nachweisen zu wollen, diese Melodie drücke unverkennbar und unzweideutig Sehnsucht, jene Liebe, eine andere Wuth aus. Wie der Zorn rasch in der Seele auflodert, aber die heiße Flamme bald wieder iu sich selbst zusammensinkt, oder wie der Affect auf- und abtobt, wenn er sich zur Wuth steigert, einem vom Orkane gepeitschten Meere vergleichbar, bis der Gegenstand der Wuth vernichtet ist oder die physische Kraft ohnmächtig unterliegt, so kann der Tondichter in seinem Werke raschen und grellen Wechsel hoher und tiefer Tonlagen, des Piano und Forte mit Fortissimo entfalten, er kann die Töne in den heftigsten Rhythmen stürmen lassen. Aber die Deutung des Hörers kann auf wüthende Eifersucht ebensowohl wie auf kriegerische Leidenschaft, ja auf ungebundene Fröhlichkeit und Lust gehen. Wenn das legato des Vortrages ganz allgemein innerlich verhaltenem, meist sehnsüchtigem und zartem Gefühle gilt, so können die kurz und rasch abgesetzten Töne ebensowohl dem Ausdruck der Kälte oder Heftigkeit, als des Komischen dienen.

Für den sinnlich rohen Menschen bildet die Musik eine sinnliche Gewalt, die ihn in wilde Lust und zu kriegerischen Thaten fortzureißen vermag. Es braucht, um dieß einzusehen, nicht so ungeheuerlicher Beispiele, wie das des Ericus bonus, Königs von Dänemark, welcher einst, als er dem Zauber der Töne sich zu überlassen gedachte, vorsichtig zuvor alle Waffen entfernen ließ, dann aber,

als der Sänger die Gemüther zur Raserei entflammte, durch die Thüre brach, zum Schwerte griff und vier der Umstehenden um's Leben brachte. Verständlicher ist der Kampf, welchen Eduard I, König von England, mit der Musik bestand. Als er nach achthundertjährigen vergeblichen Bemühungen seiner Vorfahren Wallis erobert und mit England vereinigt hatte, ließ er alle Barden des Landes hinrichten, weil ihm das tapfere Bergvolk so lange nicht sicher dünkte, als es noch die Freiheitsgesänge aus jener Munde zu den Klängen der Harfe vernahm. Frankreichs König verbot in Paris den Kuhreigen der Alpen zu spielen, da die Schweizergarden, von diesen Tönen ergriffen, schaarenweise nach ihren heimischen Bergen eilten.

Auch in dem gebildetsten Gemüthe vermag die Musik nicht, solche Gefühle zu erwecken, in welchen das sinnliche Moment der Empfindung ganz zurücktritt. Wie sollte es möglich sein, Gefühle der Dankbarkeit, Gefühl für Recht und Wahrheit durch einen Instrumentalsatz hervorzurufen? Aber wie die Anschauung des Schönen überhaupt, so können auch vollendete Tonformen der Antrieb zu jeder höheren sittlichen Regung werden, ja selbst schöpferische Geistesthätigkeit vermag die Macht der Töne zu wecken. Ein großer Naturforscher, dessen Name am Wohnort des Verfassers in unvergänglichem Andenken steht, bekannte, daß nicht selten beim Anhören musikalischer Meisterwerke unter den Klängen der Melodie die fruchtbarsten Gedanken, die glücklichsten Combinationen sich wie durch einen Zauber seinem Geiste darboten.

Niemals kann der ächte Tondichter sich die Aufgabe stellen, diese oder jene Empfindung in Tönen auszudrücken; er componirt, weil eine Melodie in ihm erklingt, weil die Tonformen vor seinem inneren Ohre sich fügen und gestalten, wie die Formen eines Domes vor der Phantasie des Baumeisters, wie Gruppirung des Ganzen und der Ausdruck des Einzelnen im Geiste des Malers oder des Bildhauers. Die Ausarbeitung einer Tondichtung erfordert Fleiß und umsichtige Sorgfalt, damit ein kunstgerechter Periodenbau, eine reiche und doch ebenmäßige Entfaltung rhythmischer und melodischer Motive aus Einem musikalischen Grundgedanken den Gesetzen der Schönheit entspreche. Zur vollen Ausübung seiner Herrschergewalt gelangt der Tondichter dann, wenn er mit der geistigeren Macht

der Melodie die Wirkung der Harmonie und Instrumentirung verbindet, wenn er der einfachen Weise die Ausstattung der Accorde, der Consonanzen und Dissonanzen, der schlichteren oder kühneren Modulation, sowie der mannichfaltigen Klangfarben der Instrumente giebt. „Die stolze Melodie eines Siegesmarsches schreitet in C dur in den glänzenden Farben der Trompeten und Posaunen einher, während die klagende Weise in A moll-accorden des Streichquartetts, der Clarinetten und Flöten das Herz des Hörers rührt“.

Am Weitesten tritt der Tondichter da aus der ihm eigenen Sphäre, wo er anstatt des subjectiv Innerlichen die äußeren Erscheinungen darzustellen, in Tönen zu malen sucht. Zwar sind selbst die größten Meister solchen Versuchen nicht fremd geblieben. In Haydn's Schöpfung ist der stolze Lauf des Rosses, es sind die Sätze des gelenkigen Tigers, das Kriechen des Gewürms durch die Musik wiedergegeben, an der Stelle des Mozart'schen Requiems: lacrimosa dies illa, qua resurget ex favilla, judicandus homo reus, ahmt die Musik die Bewegung der aus den Gräbern erstehenden Menschen nach. Allein nur selten kann eine solche Malerei in Tönen ohne Störung der höheren Kunstwirkung gelingen; zumal da die Nachahmung objectiver Erscheinungen, welche den Tonverbindungen an sich so ferne stehen, immer unvollkommen bleibt und meist eine so bunte Mischung von Rhythmik und Melodik verlangt, daß das Ganze vielmehr zu einer Art Rebus, zu einem Spiel für den Verstand wird, als daß es das musikalische Schönheitsgefühl befriedigen und dauernd beschäftigen oder gar das Gemüth ergreifen könnte.

7. Die harmonischen Obertöne. Schwingungen von Platten, Glocken, Häuten und Stäben. Resonanz.

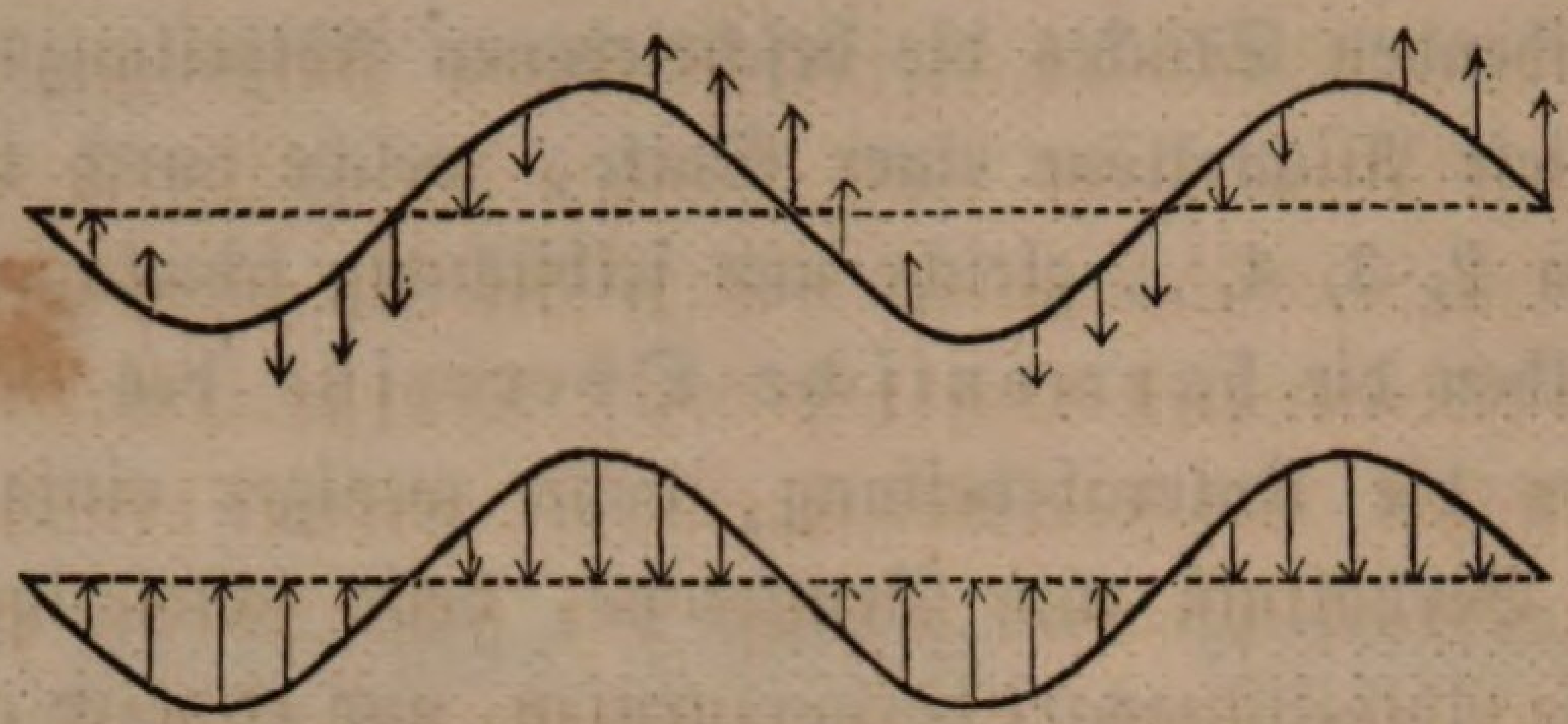
Die Streichinstrumente besitzen außer den Tönen, welche die freischwingenden oder die auf dem Griffbrete verkürzten Saiten geben, noch ein höheres Register in den sogenannten Flageoletttönen. Auf der Violine wurde dasselbe durch die Virtuosität Paganini's in neuerer Zeit zu ausgedehnterer und allgemeinerer Anwendung erhoben. Der Künstler, welcher auf der e_2 Saite z. B. die zweite Oberoctave e_4 angeben will, berührt diese Saite in ein Viertel ihrer Länge, vom Sattel aus gerechnet, mit dem Finger, ohne sie zugleich auf das Griffbret aufzudrücken und giebt in ein Achtel der Länge, vom Stege aus genommen, einen raschen und doch zarten Strich mit dem Bogen. Die Saite theilt sich dann in vier gleiche schwingende Abtheilungen. Um die Duodecime h_3 zu spielen, ist es nöthig, die Saite in ein Drittel ihrer Länge zu berühren und in ein Sechstel vom Stege aus anzustreichen, sie theilt sich dabei in drei gleiche schwingende Stücke. Eine Berührung in ein Fünftel würde eine Abtheilung in fünf gleiche Theile hervorrufen und die Terz der zweiten Oberoctave, also gis_4, geben. Auf diese Weise behandelt, geben die vier Saiten der Violine die folgenden Flageolettöne:

	Grundton	Obertöne			
Abtheilungen	1	2	3	4	. .
	g	g_1	d_2	g_2	. .
	d_1	d_2	a_2	d_3	. .
	a_1	a_2	e_3	a_3	. .
	e_1	e_2	h_3	e_4	. .

Noch andere Flageolettöne lassen sich durch Doppelgriffe bilden, indem ein fest aufgesetzter Finger die Saite erst verkürzt und ein zweiter durch Berührung in ein Drittel, ein Viertel, ein Fünftel des übrigbleibenden Stückes die beschriebenen Abtheilungsarten hervorruft. Diese Aliquottöne einer Saite, welche durch ihre Unterabtheilung in 2, 3, 4, .. gleiche und selbständig schwingende Stücke entstehen, bilden die harmonische Oberreihe des Grundtones. Je vielfacher die Unterabtheilung, desto weniger einfach ist das harmonische Verhältniß zum Grundtone, desto schwieriger aber ist es auch, diese Abtheilungsart hervorzurufen, und es wird einem Violinspieler schwer fallen, über die ersten vier Obertöne hinauszukommen. Diese ersten Obertöne bilden sich aber um so leichter, so daß sie sogar, wenn der Grundton einer Saite angeschlagen wird, von selbst auftreten und als leise begleitende Beitöne mitklingen. Namentlich dann werden sie selbst für das weniger feine Gehör bemerklich, wenn der Anschlag nicht gegen die Mitte der Saite, sondern in der Nähe ihres Endes geführt wird. Es ist nicht schwer, den Grund einzusehen, warum Wellen von einfachem Längenverhältniß zur ganzen Saite sich vorzugsweise zu einem regelmäßigen Schwingungszustande ausbilden und als Beitöne hörbar werden. Diese Wellen eilen längs der Saite, wie an einem gespannten Seile fort, und, am Ende zurückgeworfen, kehren sie um und kreuzen sich mit immer neuen, direct fortgehenden Wellen. Bei einfachem Längenverhältniß der Welle und der Saite trifft es sich, daß aus dem Zusammenwirken beider Wellensysteme Ruhepunkte von unveränderlicher Lage hervorgehen, während die dazwischen liegenden Stücke der Saite in allen ihren Theilen gleichzeitig auf- und abwärts sich bewegen, je zwei aneinander grenzende Abtheilungen immer in entgegengesetztem Sinne. In jenen Ruhepunkten treffen sich in jedem Augenblicke gleich starke, aber entgegengesetzte Bewegungen des directen und des zurückgeworfenen Wellenzuges. Dieser eigenthümliche Bewegungszustand, die sogenannte stehende Schwingung, ganz verschieden von dem Wellenschlage, welcher alle Theilchen nacheinander in gleicher Stärke ergreift, tritt jedesmal ein, wenn ein Körper nicht blos den Schall leitet, sondern zur selbständigen Tonquelle wird. In der folgenden Figur deuten

die Pfeile die Richtung der Molekularbewegung in einer fortgehenden und in einer stehenden Schwingung vergleichungsweise an.

Fig. 35.

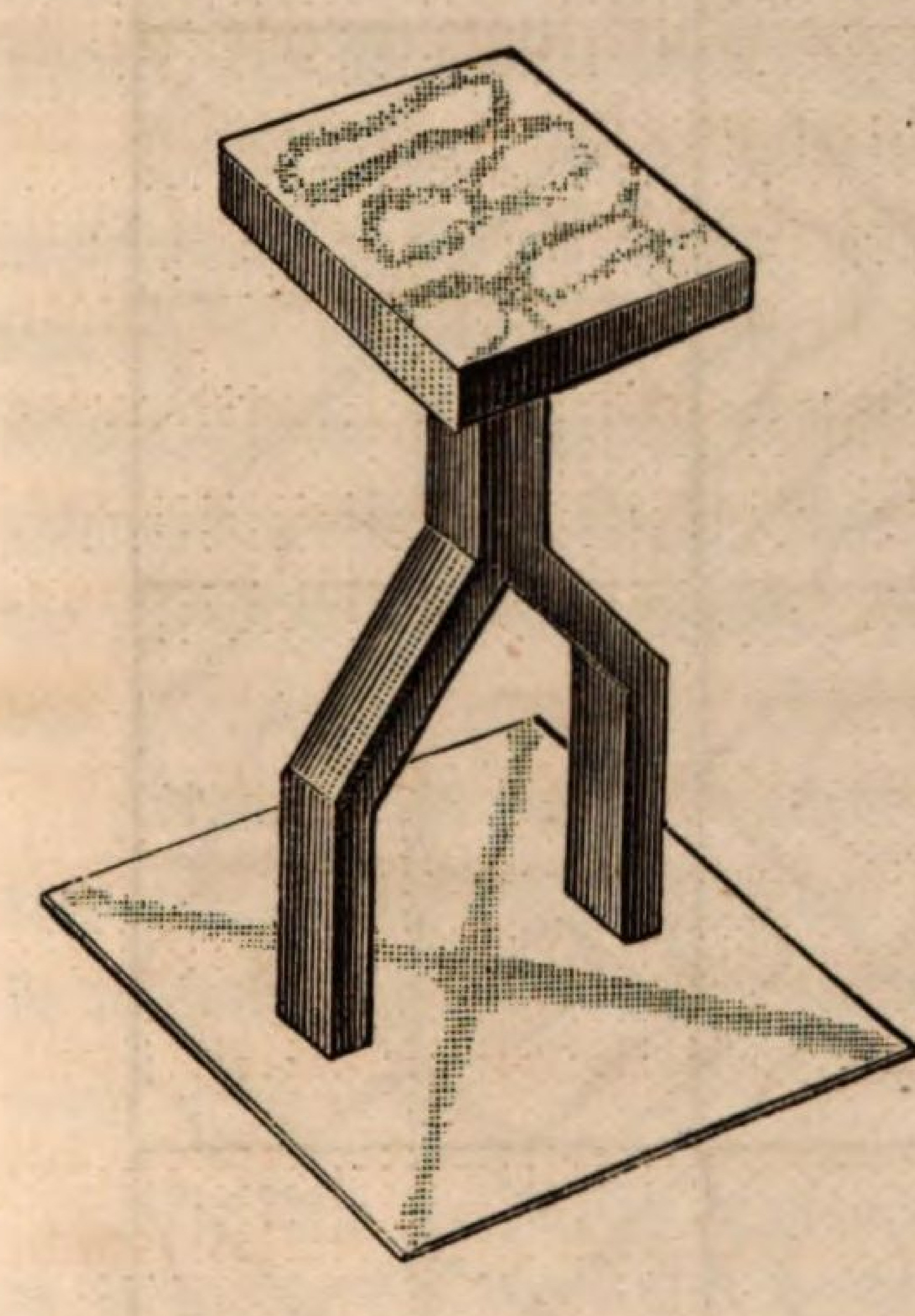


Man kann übrigens auch diese Bewegungsformen selbst sichtbar machen, entweder an einem schwach gespannten Seile, welches man am einen Ende in abgemessenem Tacte erschüttert, oder in einer langen schmalen, mit Wasser gefüllten Rinne, in welcher man in gleichen Zeitabschnitten Wellen erregt, deren Länge in einfachem Verhältniß zu derjenigen der ganzen Rinne steht. Der Abstand zweier nächsten Ruhepunkte oder Schwingungsknoten ist immer einer Halbwelle gleich, ebenso auch die Entfernung zweier Punkte stärkster Bewegung oder Schwingungsbäuche, welche in die Mitte zwischen je zwei Schwingungsknoten fallen.

Alle tönenden Körper, welches ihre Substanz, ihre Gestalt, ihr Elasticitäts- und Spannungszustand sein möge, sind außer den Schwingungen in ganzer Masse, welche den Grundton geben, noch unendlich vieler Abtheilungsarten und eben so vieler Obertöne fähig. Die Schwingungszustände, welche sie anzunehmen vermögen, sind um so mannichfaltiger, je weniger einfach ihre Form ist. Nur cylindrische und prismatische Luftsäulen und ähnlich wie diese schwingende Stäbe von geringem Durchmesser haben eine so einfache harmonische Oberreihe wie die gespannten Saiten; weit reicher schon ist die Menge der Obertöne bei Körpern, welche, wie Platten und gespannte Häute, sich in ebener oder gekrümmter Fläche ausbreiten, am Mannichfaltigsten die von beliebig in jedem Sinne ausgedehnten festen Massen und Lufträumen. Aber in allen Fällen bewährt sich das einfache Gesetz, daß je zwei aneinander grenzende Abtheilungen, welche bei der stehenden Schwingung durch Ruhepunkte geschieden sind, gleichzeitig in entgegengesetztem Sinne schwin-

gen. Eine reine Glasplatte, mit trockenem Sande bestreut und am Rande mit dem Violinbogen gestrichen, bietet in dem Augenblick, in welchem sie zu tönen beginnt, dem Auge ein überraschendes Schauspiel. Der Sand häuft sich in feinen Linien an, welche bei kreisförmigen Platten meist nach Durchmessern oder concentrischen Kreisen, bei quadratischen Platten nach Parallelen mit den Seiten oder mit den Diagonalen geordnet sind. Trotzdem, daß die Platte zu tönen fortfährt, und von der Stelle, an welcher der Violinbogen streicht, fortwährend Wellen ausgehen und sich über die Platte verbreiten, bleibt der Sand in jenen Knotenlinien in Ruhe. Man erkennt hierin den Erfolg einer fortdauernden Durchkreuzung der von den Rändern zurückgeworfenen Wellen mit denjenigen, welche in ununterbrochenem Strome von der Erregungsstelle ausfließen. Die folgende Figur versinnlicht einen Versuch, welcher unzweideutig beweist, daß aneinander grenzende Felder in einer solchen Klangfigur in entgegengesetztem Sinne schwingen.

Fig. 36.

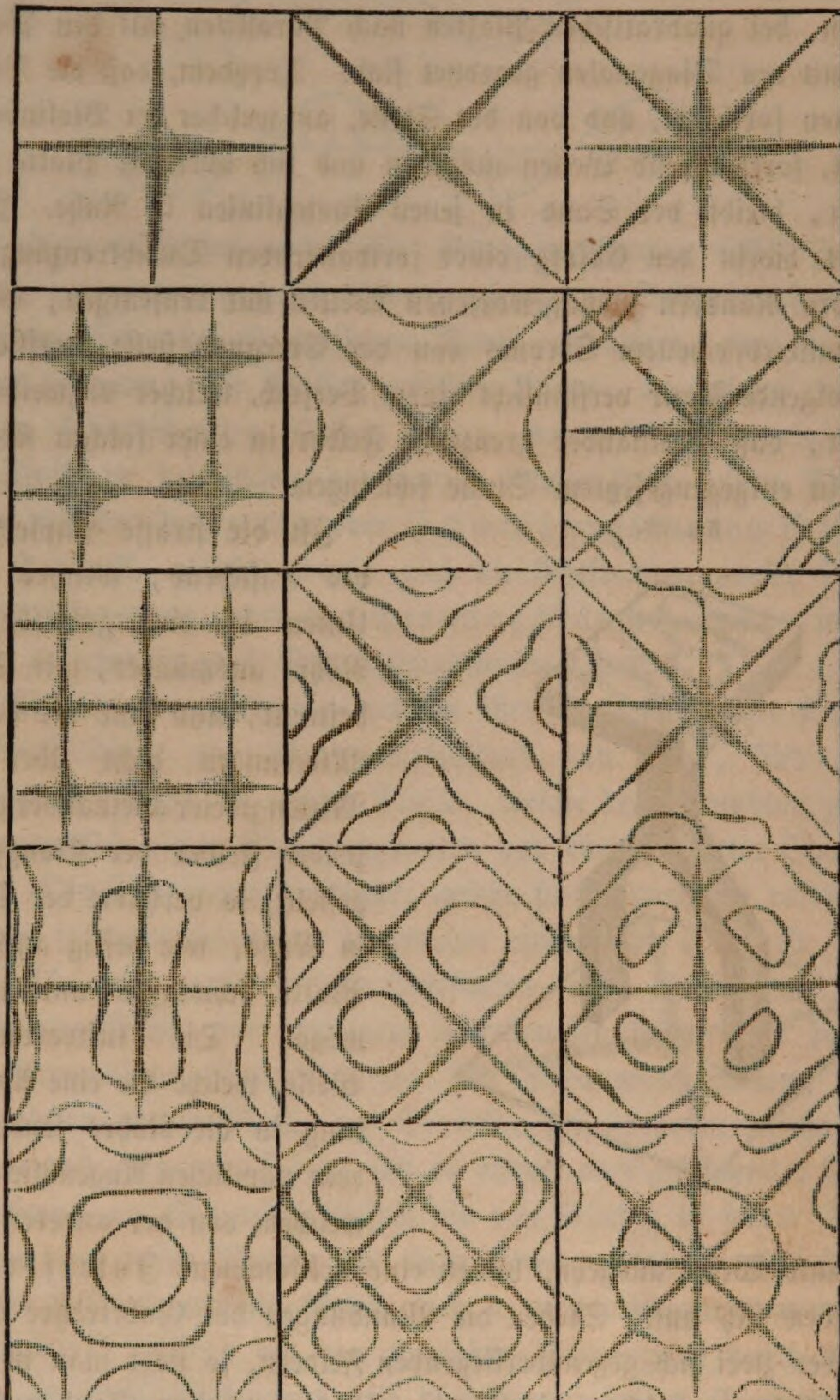


Ist die straffe Papierdecke des Kästchens, welches nach Unten in eine gabelförmige Röhre ausmündet, mit Sand bestreut, und sind die beiden Mündungen dicht über die Mitten zweier aneinander grenzenden Felder der Klangfigur gestellt, so verharrt der Sand in Ruhe, wie heftig auch die Platte schwingen und tönen möge. Die luftverdichtete Welle, welche die eine Abtheilung in die Röhre sendet in dem nämlichen Augenblicke, in welchem von der anderen eine verdünnte Welle ausgeht, bilden eine vollkommene Interferenz, sie heben sich auf. Stehen die Mündungen der Gabelröhre dagegen über zwei sich gegenüberliegenden Feldern, so sieht man in dem Augenblick, in welchem die Platte ertönt, auch den Sand auf der

oberen Decke des Kästchens in Bewegung gerathen und sich in Resonanzfiguren ordnen.

Die hier folgenden Abbildungen geben nur eine annähernde

Fig. 37.



Vorstellung von der unendlichen Mannichfaltigkeit der Klangfiguren, welche auf der nämlichen quadratischen Platte gebildet werden können. Man erleichtert ihre Entstehung, wenn man mehre solche Punkte, durch welche Knotenlinien gehen sollen, mit dem Finger berührt oder irgendwie unterstützt; niemals darf der Strich mit dem Violinbogen an der Stelle geschehen, auf welche eine Knotenlinie trifft, sondern nur in der Mitte eines freischwingenden Feldes. Die Klangfiguren der ersten Verticalreihe sind ausschließlich durch Parallele mit den Seiten des Quadrates, oder durch nur geringe Auflösungen und Verschiebungen derselben, die der zweiten Verticalreihe sind aus Diagonalen und deren Parallelen gebildet, in den Figuren der dritten Verticalreihe kommen die beiden Liniensysteme gemischt vor. Je geringer der Abstand zweier nächstgelegenen parallelen Knotenlinien ist, je kürzer also die freischwingenden Abtheilungen sind, desto höher ist der Ton. Der nämliche Ton kann zwar von verschiedenen Abtheilungsarten der Platte begleitet sein, aber einer bestimmten Klangfigur entspricht auf der nämlichen Platte nur Ein unveränderlicher Ton.

Die Gesetze, nach welchen jene Figuren sich auf Platten der verschiedensten Form bilden, wurden zuerst von einem deutschen Gelehrten *) erforscht, welcher es zugleich in der Darstellung der Klangfiguren zu großer Meisterschaft gebracht hatte und auf seinen zahlreichen Reisen durch Europa im Anfang dieses Jahrhunderts die Freunde der Naturlehre mit jener überraschenden Verbindung des Sichtbaren mit dem Hörbaren bekannt machte.

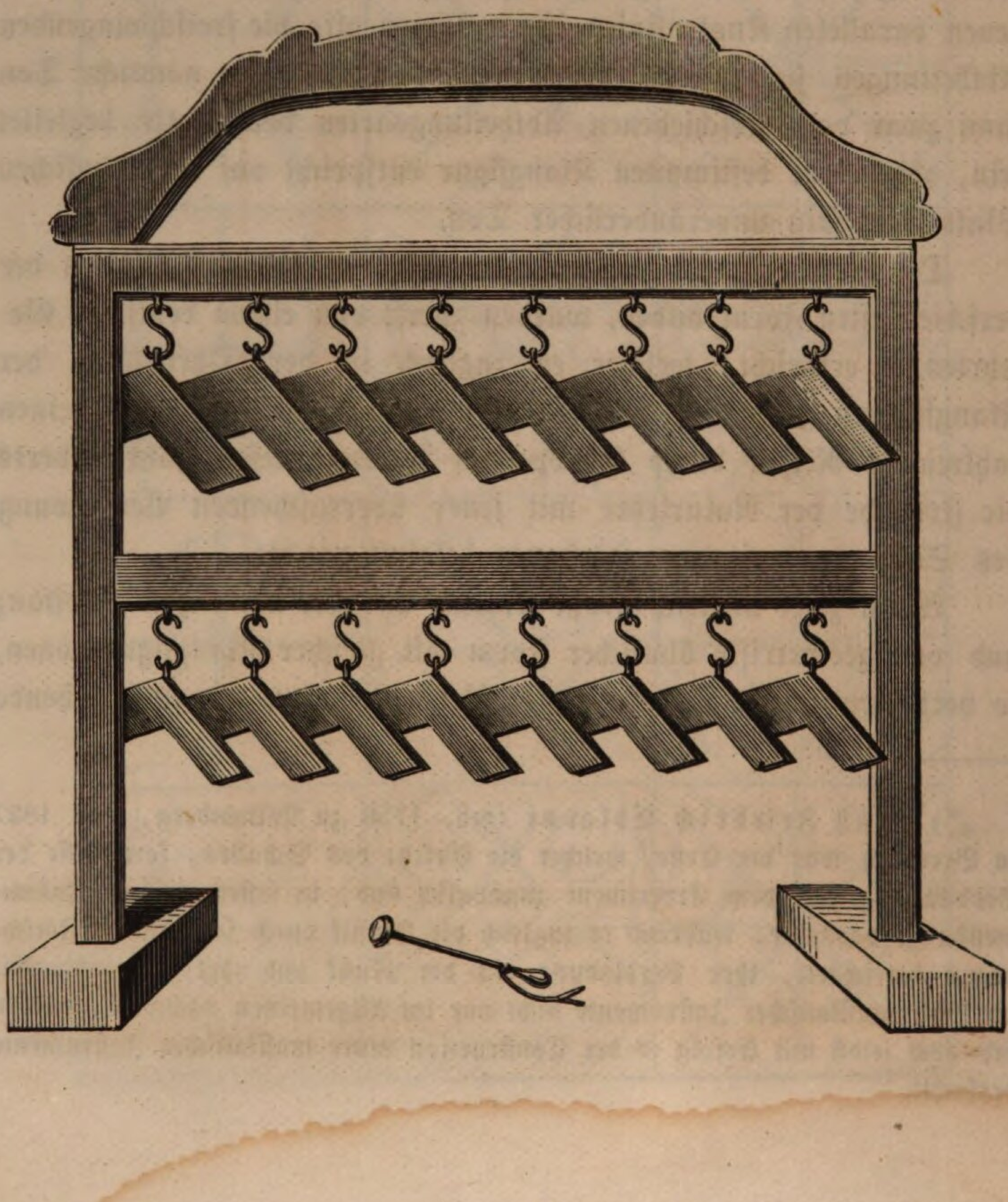
Wenn zwei ungleich große Platten aus der nämlichen Substanz und von geometrisch ähnlicher Form mit gleicher Klangfigur tönen, so verhalten sich die Schwingungszahlen umgekehrt, wie entsprechende

*) Ernst Friedrich Chladni (geb. 1756 zu Wittenberg, gest. 1827 zu Breslau) war der Erste, welcher die Gesetze des Schalles, soweit sie der Beobachtung und dem Experiment zugänglich sind, in systematischem Zusammenhange darstellte, während er zugleich die Akustik durch selbständige Forschungen bereicherte, ihre Verbindung mit der Musik und ihre Anwendbarkeit im Bau musikalischer Instrumente nicht nur im Allgemeinen nachwies, sondern sich auch selbst mit Erfolg in der Construction neuer musikalischer Instrumente versuchte.

lineare Dimensionen. Zwei quadratische Platten, deren Seitenlänge und Dicke sich wie 1 : 2 verhalten, stehen im musikalischen Intervall der Octave. Wenn Länge und Breite sich in anderem Verhältnisse ändern, als die Dicke, nimmt das Gesetz, welches den musikalischen Abstand der Töne bestimmt, einen allgemeineren Ausdruck an. Die Schwingungszahlen verhalten sich umgekehrt wie die Flächeninhalte der Platten und gerade wie ihre Dicken. Ganz allein auf diese einfachen Gesetze gründet sich der Bau vieler Schlaginstrumente der Chinesen und Javanesen, deren die folgenden Figuren einige darstellen.

Fig. 38 a.

Das King.



Das King besteht aus 16 Steinplatten; Fig. 38 b, das Fanghiang, aus 16 Holzstücken; Fig. 38 c, das auf Java gebräuchliche Gambang, wird aus Metall oder Holzplatten gebaut. Obgleich die Chinesen die in unserer chromatischen Tonleiter gebräuchlichen 12 Töne kannten und ihre 12 Tonarten oder Lü's nach dem Quintencirkel ordneten, so war doch vorzugsweise unsere diatonische Tonleiter, mit Auslassung der Quarte und Septime, im Gebrauch.

Fig. 38 b.

Das Fanghiang.

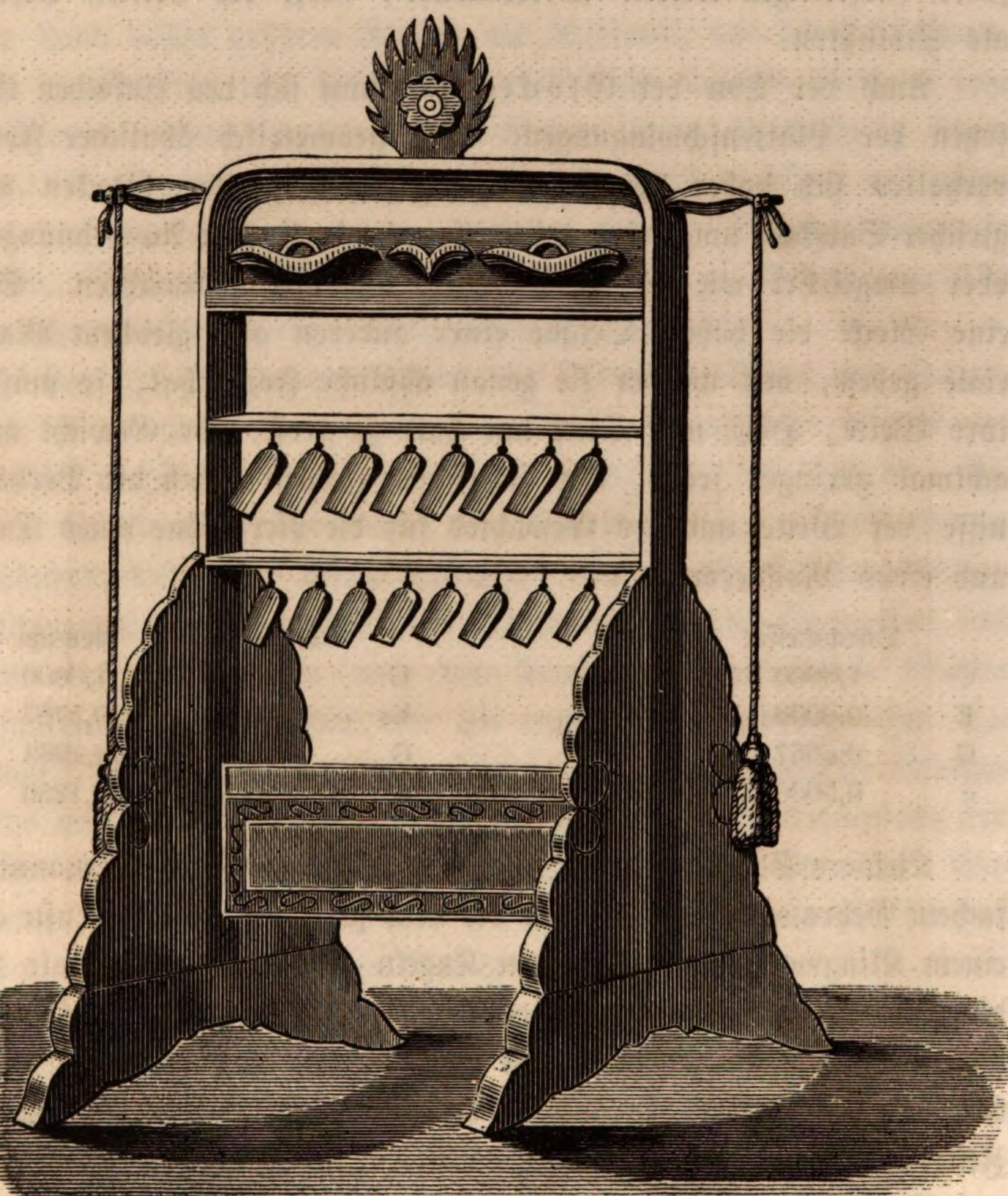
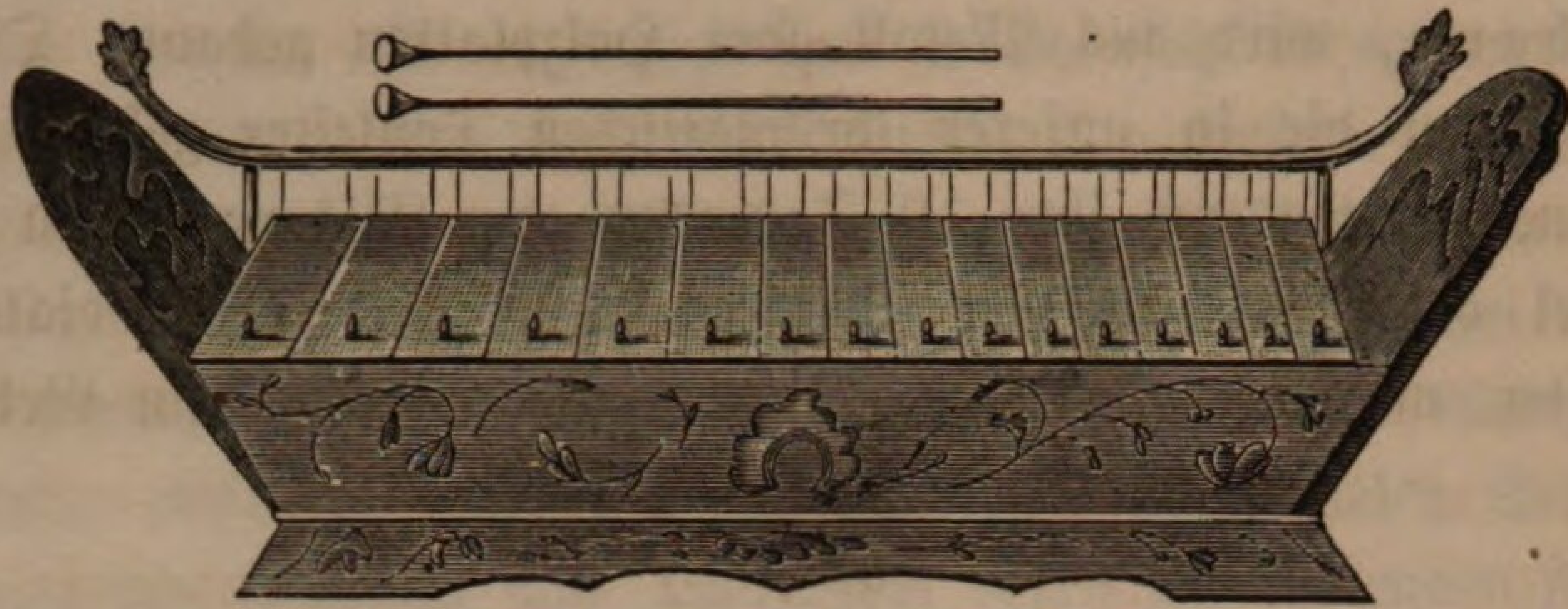


Fig. 38 c.

Das Gambang.



Die obigen Klinginstrumente enthalten in ihren 16 Tönen drei jener fünftönigen Leitern übereinander, nebst der dritten Octave als Schlußton.

Auch der Ton der Glocken bestimmt sich den einfachen Gesetzen der Plattenschwingungen. Bei geometrisch ähnlicher Form verhalten sich daher die Schwingungszahlen zweier Glocken aus gleicher Substanz umgekehrt, wie entsprechende lineare Ausdehnungen, oder umgekehrt wie die Kubikwurzeln aus ihren Gewichten. Soll eine Glocke die höhere Octave einer anderen aus gleichem Materiale geben, mit welcher sie genau ähnliche Form hat, so müssen ihre Weite, Höhe und Dicke nur halb so groß, ihr Gewicht muß achtmal geringer sein. Die folgenden Zahlen geben die Verhältnisse der Weite und des Gewichtes für die vier Töne eines Dur- und eines Mollaccordes :

	Durchmesser	Gewicht		Durchmesser	Gewicht
C	1,0000	1,0000	C	1,0000	1,0000
E	0,8000	0,5120	Es	0,8333	0,5787
G	0,6667	0,2963	G	0,6667	0,2963
c	0,5000	0,1250	c	0,5000	0,1250

Kleinere Schellen waren zwar schon im Alterthum in mannichfachem Gebrauche, auch wurden bei dem jüdischen Tempeldienste auf einem Klingwerke aus kupfernen Kugeln und Kesseln Signale für die Geschäfte der Priester gegeben; aber das Zusammenrufen der Gemeinde zum Gottesdienste, die Aufforderung zum Gebete geschah, wie bei den Juden, so auch in den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung beim christlichen Kirchendienste, durch Trompetensignale und Ausrufer. Erst im sechsten Jahrhundert kamen im Abendland

die Glocken in den Klöstern der Benedictiner in Gebrauch; gegen Ende dieses Jahrhunderts scheinen schon reichere Stadtgemeinden Thurmglocken besessen zu haben und zu Anfang des siebenten Jahrhunderts bestimmte bereits der Pabst Sabinian, daß täglich sechsmal geläutet werden solle. Es ist wahrscheinlich, daß die Gießereien des erzreichen Campaniens die Heimath der Thurmglocken waren, deren Erfindung darum dem Bischof Paulinus zu Nola in Campanien zugeschrieben worden ist. Erst in der letzten Hälfte des 9. Jahrhunderts erhielt auch die orientalische Kirche die Glocken durch die Venetianer, und es ist bekannt, daß ihr Gebrauch in der griechischen Kirche sich zu wahrem Luxus steigerte; kein Land besitzt größere Glocken als Rußland; das kolossale Exemplar zu Moskau, von 4000 Centner Gewicht, welches übrigens jetzt verstümmelt und ungebraucht zu Boden liegt, ist einzig in seiner Art. Deutschlands größte Glocke, welche 1683 gegossen, mit allem Zubehör 500 Centner wiegt, befindet sich im Stephansthurm in Wien. Ihr zunächst steht die große Glocke zu Erfurt von 276 Centner Gewicht, welche 1497 gegossen wurde.

In mehren Ländern Asiens, in Ostindien, China und Japan, sind die Glocken, obwohl wahrscheinlich erst aus dem Abendlande dorthin verpflanzt, als musikalisches Klingwerk sehr beliebt. Bekannt ist die chinesische Sitte, die Thürme außen mit Glocken zu behängen, welche im Winde erklingen; manche Kling- oder Schlaginstrumente der Chinesen, der Japaner und der Javanesen sind aus einer Reihe von nach der Tonleiter abgestimmten Glocken zusammengesetzt, ähnlich den bei uns früher gebräuchlichen Carillon's, deren nach der chromatischen Tonleiter geordnete Glockenreihe mittelst Hämmerchen angeschlagen wurde, welche ihrerseits entweder unmittelbar mit der Hand, oder durch die Tasten einer Claviatur, oder endlich durch eine Stiftwalze, ähnlich wie die Pfeifenventile einer Drehorgel, in Bewegung gesetzt wurden.

Gegen Ende des 15. Jahrhunderts wurde zuerst ein Glockenspiel in größerem Maßstabe an dem Kirchthurm zu Aalst in östreichisch Flandern angebracht, und viele große Städte Europa's, wie Hamburg, Lübeck, Kopenhagen, Berlin, Potsdam haben dieses Beispiel nachgeahmt. Am meisten Verbreitung fanden die Thurm-

glockenspiele in den Niederlanden, Amsterdam allein besitzt deren 8 große und viele kleinere; in den Niederlanden überhaupt zählt man über 300 große Glockenspiele. Das größte Glockenspiel zu Amsterdam geht von c bis f_3 und enthält demnach 42 Spielglocken. Der gewöhnliche Umfang von drei Octaven ist vollkommen hinreichend, um die choralmäßigen Melodieen und geistlichen Lieder auszuführen, für welche die Glockenspiele ausschließlich bestimmt sind; die Tonlage von c bis c_3 grenzt sich nach der Höhe hin etwa mit denselben Tönen ab, wie die menschliche Singstimme, in der Tiefe fehlen die Töne von F bis H, welche das Gewicht eines Glockenspieles allzusehr vermehren würden.

Größere Glockenspiele sind so eingerichtet, daß Melodieen zu regelmäßig wiederkehrenden Zeiten durch Stiftwalzen angeschlagen werden, daß aber außerdem noch mittelst eines Claviers und Pedals von dem leitenden Künstler beliebige Weisen gespielt werden können.

Das einfache Gesetz, welches die Tonhöhe der Glocken regelt, gilt nur so lange, als man sie alle strenge geometrisch ähnlich wählt. Man erreicht dieß, wenn von einer einzigen Dimension, z. B. dem unteren Durchmesser, alle Ausdehnungen der Glocke in gleicher Weise abgeleitet werden. (Vergleiche die Construction der Glocke im Anhang III.)

Wenn die Metallmischung, woraus die Glocke gegossen ist, das sogenannte Glockengut, aus 78 Theilen Kupfer auf 22 Theile Zinn besteht, so giebt eine Glocke von 374 Par. Linien unterem Durchmesser, oder von 358,4 Kilogrammen, d. i. 7,17 Centner Gewicht sehr nahe den Ton c_2. Von dieser Bestimmung ausgehend lassen sich Durchmesser und Gewicht einer geometrisch ähnlichen Glocke aus gleicher Masse, welche einen bestimmten Ton geben soll, auf den Grund der oben mitgetheilten Gesetze leicht berechnen. Auch das Gewicht des im Inneren der Glocke aufgehängten schmiedeeisernen Klöppels steht in bestimmter Beziehung zu demjenigen der Glocke selbst. Man nimmt den vierzigsten Theil des letzteren und setzt 2,5 Kilogramme zu, um das Gewicht des Klöppels zu erhalten. Für die Grundtöne der bei den Glocken gebräuchlichen Octaven ergeben sich daher die folgenden Maße und Gewichte:

Ton	Durchmesser in Par. Linien	Gewicht der Glocke in Kilogrammen	in Centnern	Gewicht des Klöppels in Kilogrammen
c	1494	22937,6	458,7	576
c_1	747	2867,2	57,3	74
c_2	374	358,4	7,2	11,5
c_3	187	44,8	0,9	3,6

Seit mehr als tausend Jahren werden die Glocken nur nach empirischen Regeln gegossen, welche durch Tradition sich von einem Meister auf den andern forterbten. Die Gewichtsangaben in theoretischen Werken sind offenbar unrichtig. So schreibt schon Huckbald (900 n. Chr.) vor, die Gewichte im umgekehrten Verhältnisse der Schwingungszahlen zu nehmen und Martinus Agricola ist ihm in seiner 1545 erschienenen Musica instrumentalis darin treulich gefolgt. Da die Glocken niemals bei musikalischen Aufführungen mit anderen Instrumenten zusammenzustimmen brauchen, so kommt es bei einem Geläute ausschließlich darauf an, daß die einzelnen Glocken unter sich richtigen harmonischen Abstand haben; es ist aber in hohem Grade wünschenswerth, daß das richtige Verhältniß beim Gusse selbst sogleich erreicht werde, da nachträgliche Aenderungen der Stimmung fast immer dem vollen und reinen Klange der Glocke schaden und beschwerlich auszuführen sind. Die Tonhöhe einer Glocke hängt fast allein von der Weite und Dicke des Schlagringes ab, daher man kleine Veränderungen in der Stimmung schon durch Hebung oder Senkung des Klöppels hervorbringen kann. Die Haube klingt in harmonischen Obertönen mit, doch ist ihre Beschaffenheit nicht ganz ohne Einfluß auf den Grundton. Derselbe wird tiefer, wenn man die Dicke und damit die Steifigkeit des Schlagringes vermindert; oder auch, wenn man die Wand der Glocke in der Nähe der Haube dünner macht. Ja selbst eine Verkürzung der Glocke durch Wegnehmen des dickeren Theiles des Schlagringes läßt den Ton der Glocke tiefer werden, weil dann ein dünnerer Ring von dem Klöppel getroffen wird. Nur dann, wenn man durch Abdrehen die ganze Wand der Glocke bis zum untersten Rande auf einerlei Dicke gebracht hat, erhöht sich der Ton, wenn man die Glocke oder den Klöppel verkürzt, so daß ein Ring von geringerem Durchmesser als eigentliche Schallquelle dient.

Eine tönende Glocke theilt sich durch Ruhelinien in einzelne schwingende Felder, ähnlich wie eine kreisförmige Platte. Vom Mittelpunkt der Haube laufen diese Ruhelinien radienförmig nach dem unteren Rande des Schlagringes. Leichter als an einer metallenen Glocke gewahrt man die Knotenlinien an einer umgekehrten Glasglocke, welche man theilweise mit Wasser gefüllt hat, und zum Tönen bringt, indem man den Rand mit dem Violinbogen streicht. Die schwingenden Felder erregen krause Wellen auf der Wasseroberfläche und die Ruhelinien ordnen sich strahlenförmig auf derselben. Bei der einfachsten Schwingungsart der Glocke sind 4 Knotenlinien vorhanden, man kann aber leicht eine Eintheilung in 6, 8 oder mehr schwingende Felder hervorbringen. Der Punkt, an welchem der Violinbogen quer gegen den Rand der Glocke streicht, entspricht einer Stelle stärkster Schwingung. Anders verhält es sich, wenn man mit dem benetzten Finger längs des Randes einer Glasglocke oder auch eines gewöhnlichen Weinglases herumfährt. In diesem Falle geht eine Ruhelinie stets durch die Berührungsstelle des Fingers und folgt demselben in seiner Bewegung. Athanasius Kircher gedenkt dieses Experimentes bereits in seiner Phonurgia nova *) in folgender Weise: „Man nehme ein Trinkglas von be-

*) Dieses Werk erschien 1684 ins Deutsche übertragen unter folgendem Titel: Athanasius Kircher's neue Hall- und Tonkunst, oder mechanische Geheimverbindung der Kunst und Natur durch die Hallwissenschaft gestiftet, worin insgemein der Stimme, des Tones, Halles und Schalles Natur, Eigenschaft, Kraft- und Wunderwirkung, auch deren geheime Ursachen mit vielen neuen und ungemeinen Kunststücken und Proben vorgestellt werden. Ingleichen, wie die Sprech- und Gehörinstrumente, vorbildender Natur zur Nachahmung, sowohl die Stimme, Hall und Schall an weitentlegene Orte zu führen, als auch in abgesonderten Geheimzimmern auf kunstverborgene Weise, vertraulich und ungefähr sich miteinander zu unterreden, sollen verfertigt werden. Endlich wie solch' schöne Erfindung zu Kriegszeiten nützlich könne angebracht und gebraucht werden. In unsre deutsche Muttersprache übersetzt von Agatho Carione." Dieser abenteuerliche Titel hat wenigstens den Vorzug, an und für sich schon einigen Einblick in den damaligen Stand der Akustik zu gewähren; im Allgemeinen aber bietet die akustisch-musikalische Literatur das Hervorragendste unter den barocken Titeln, welche im 16. und 17. Jahrhundert im Gebrauche waren. Noch im Jahre 1701 erschien ein Unterricht im Generalbaß von Bödecker, Organisten in Stuttgart, deren Zueignungsschrift ge-

liebiger Größe und fülle dasselbe mit hellem klarem Wasser, danach fahre man mit dem benetzten Zeige- oder Mittelfinger sanft oben auf des Glases Rand oder Ranft herum, so wird man einen artigen Ton und Klang als von einem klingenden Metalle hören, dadurch das bewegte Wasser also gekräuselt und rollend gemacht wird, als ob es von einem starken Winde getrieben würde". Franklin, welcher einst dieses Experiment von einem Irländer im Wirthshause anstellen sah, gelang es, das einfache Trinkglas zu einem musikalischen Instrumente zu veredeln. Er befestigte glockenförmige Gläser, welche im Scheitel der Wölbung durchbohrt waren, an einer Spindel, welche mittelst eines Tretrades in raschen Umlauf versetzt wurde, und berührte die Gläser, welche tönen sollten, mit dem benetzten Finger. Auf diese Weise entlockte er den Glasglocken einen sehr reinen, nervenerschütternden Ton. Das Instrument, wie es Franklin im Jahre 1763 unter dem Namen Harmonika bekannt machte, hatte einen Umfang von c bis f_3 in chromatischer Tonfolge. Die Verbesserungen, welche von verschiedenen Künstlern in den letzten Jahrzehnten des vergangenen Jahrhunderts an diesem Instrument angebracht wurden, indem sie die unmittelbare Berührung mit den Fingern durch Anstreichen mit dem Violinbogen oder mittelst Claves und Tangenten, welche kleine, mit Badeschwamm besetzte Polster trugen, ersetzten, vermochten der Harmonika dennoch keine weitere Verbreitung zu geben; ja man giebt noch jetzt der ursprünglich Franklin'schen Construction den Vorzug, da keine Art des Anstreichens eine solche feine Nuancirung des Tones zuläßt, als die mit den feinfühligen Fingerspitzen selbst.

Auch bei der Art, wie der Ton in der Franklin'schen Harmonika erregt wird, sind die Schwingungen transversal, d. h. die schwingenden Abtheilungen bewegen sich pendelartig gegen die Axe der Glocke und entfernen sich von derselben. Es scheint demnach, daß durch den tangentialen Druck des Fingers die Glockenwand aus- oder einwärts gebogen werde. Was hierbei durch die Fort-

richtet ist „an Gott den Vater, als Prime oder Grundstimme, an Gott den Sohn, als Quinte oder vollkommenste Consonanz und an den heiligen Geist, als die Tertie, so von der Prime ausgeht im Aufsteigen oder von der Quinte im Absteigen."

bewegung des Fingers bewirkt wird, der Umlauf der Knotenlinien nämlich, stellt sich bei dem Geläute der Metallglocken in ähnlicher Weise von selbst her, wie man dieß auch bei schwingenden Kreisscheiben an dem Fortrücken des Sandes beobachten kann. Das eigenthümliche Summen der Glocken beim Abklingen, das abwechselnde Anschwellen und Abnehmen der Tonstärke, hat keine andere Ursache, als das Rotiren der Knotenlinien, welche einander folgend an der Richtung, in welcher das Ohr den Schall empfängt, vorüber wandern.

Glocken aus anderer Substanz als aus Glockengut oder Glas sind selten im Gebrauch. Goldene Glocken besitzt der Kaiser von Japan, eine große silberne Glocke schmückte den Palast des Pabstes zu Avignon. In Pegu bedient man sich Glocken von Messing, in Abyssinien solcher von Thon und von Stein. Ohne Zweifel haben dieselben noch besseren Klang als die hölzernen Glocken, womit die Katholiken früher in der Marterwoche läuteten und deren die Kirche St. Blasii in Braunschweig noch ein Exemplar aufbewahrt.

In der äußeren Erscheinung haben die Schwingungen gespannter Häute Aehnlichkeit mit denjenigen der Platten. Auf einer kreisrunden Membran von nach allen Seiten gleichmäßiger Spannung giebt trockener Streusand ähnliche Klangfiguren, wie auf einer kreisförmigen Platte. Dennoch ist die Art, wie die Schwingungen zu Stande kommen, eine wesentlich andere, insofern nicht eigene Steifigkeit, sondern äußere Spannung die zur Unterhaltung der Schwingungen erforderliche rückwirkende Kraft ausgiebt. Ein schmaler Streifen thierischer Haut, zwischen zwei festen Punkten ausgespannt, schwingt wie eine Metallsaite; bei Verkürzung wird der Ton höher, die Schwingungszahlen stehen im umgekehrten Verhältnisse der Länge. Eine Vermehrung der Spannung aber läßt den Ton nicht in gleichem Maße in die Höhe gehen, wie bei Metallsaiten, wie unter Andern die Versuche mit den Stimmbändern des menschlichen Kehlkopfes gelehrt haben. Das Winden der Darmsaiten hat den Zweck, denselben in ihrer ganzen Länge eine gleichmäßigere Elasticität, hauptsächlich aber eine größere Widerstandsfähigkeit gegen die Verlängerung durch die spannenden Kräfte, somit zugleich eine größere Festigkeit zu geben.

In Flächen ausgespannte thierische Haut kann man in Tonschwingungen versetzen, entweder durch unmittelbares Schlagen oder Streichen, oder durch Mittheilung der Bewegung anderer schwingender Körper, wie z. B. von Saiten, welche man mit der Membran in Verbindung setzt, oder von tönenden Glocken, welche man dicht darüber hält. Die gespannte Haut ist, ähnlich wie eine Platte, unzähliger Abtheilungsarten und entsprechender Resonanzfiguren fähig. Man hat darum Pergament mit Erfolg zu Resonanzböden in Pianoforte's angewendet. Der Resonanzkasten des Repab, eines zweisaitigen Streichinstrumentes der Araber und der nordafrikanischen Völker, besteht aus einer Schildkrotschale, welche mit Krokodilhaut überspannt ist.

In der abendländischen Musik werden gespannte Häute als unmittelbares Schallmittel bei der Pauke, der großen und kleinen Trommel und dem Tambourin angewendet. Bei diesen Instrumenten, mit Ausnahme des letzteren, dient eine abgeschlossene Luftmasse zur Resonanz. Die Pauke war in der ägyptischen und hebräischen Musik schon gebräuchlich und wurde bei Feierlichkeiten geschlagen. Nachdem sie in dem Abendland Eingang gefunden, diente sie bei Tisch- und Tanzfesten fürstlicher Personen; es war manchen Orts förmlich untersagt, die Pauke bei Festlichkeiten zu schlagen, bei welchen nicht wenigstens eine adelige Person, ein Doctor oder Magister betheiligt war. Uebrigens besaß vor Zeiten auch jedes Reiterregiment ein paar Pauken, welche den Baß zur Trompetenmusik ausmachten, daher der Name „Heerpauke." „Das seyn gar vngehewre Rumpelfässer" sagt Prätorius in seinem 1614 erschienenen syntagma musicum. Es besteht die Pauke aus einem kupfernen Kessel, welcher unten mit einer kleinen Oeffnung versehen ist, aus welcher die Schallschwingungen des inneren Luftraumes entweichen. Der Kessel ist mit einem Kalbfelle oder mit Eselshaut gedeckt, welche naß aufgezogen und mit einem um den Kessel passenden eisernen Reif angespannt wird. Der eiserne Reif hat 8 Löcher in gleichem Abstand und diesen entsprechen 8 Ansätze am äußeren Umfang des Kessels, worin Schraubengewinde eingeschnitten sind. 8 Schrauben passen in diese Löcher und Ansätze und indem sie mittelst eines Schlüssels angezogen werden, wird das Paukenfell gespannt

und auf die gehörige Stimmung gebracht. Neuerdings hat man es möglich gemacht, durch das Anziehen einer einzigen Schraube die gleichmäßige Spannung des Felles zu bewerkstelligen, so daß Veränderungen in der Stimmung augenblicklich vorgenommen werden können *). In den Orchestern wendet man zwei Pauken nebeneinander an, die eine in dem Grundton des betreffenden Tonstückes, die andere in der Unterdominante gestimmt. Ihre Tonlage ist immer zwischen F und f und es kann die Stimmung der einen von F bis B, die der anderen von c bis f verändert werden.

Kein musikalisches Instrument ist verbreiteter, als dasjenige, welches ausschließlich auf das rhythmische Element der Musik beschränkt ist, die Trommel. Das Volk müßte erst noch entdeckt werden, welchem die Trommel fremd wäre. Von den Eskimo's bis zu den Feuerländern, von den Heiden Nordsibiriens bis zu den Insulanern der Südsee, von Skandinavien bis zu den Kaffern und Hottentoten wird die Trommel oder das Tambourin geschlagen. Gefäße aus Metallblech, aus Holz, Thon oder aus Kokosnußschalen, überspannt mit den Fellen des Rennthieres, des Kalbes, des Esels, mit der Haut des Krokodils oder des Hayfisches bilden das beliebte Schallwerkzeug.

Unsere Militärtrommel besteht aus einem Resonanzcylinder von Messingblech, oben und unten mit Kalbfell überspannt, welches um einen dünnen Eisenreif gewickelt ist. Zwei cylindrische Reife von Holz, um Weniges weiter als der Messingcylinder, werden über die Haut gestreift, und indem beide Reife durch eine im Zickzack hin- und hergeschlungene Kordel gegeneinander gezogen werden, kann die Spannung der Felle auf das gehörige Maß erhöht werden. Eine besondere Schraube gestattet die stärkere oder geringere Anspannung der Kordel und somit des Trommelfelles; kleinere Spannungsänderungen kann man auch mittelst Lederstreifen hervorbringen, indem man dieselben nach dem weiteren oder nach dem engeren Theile eines Kordelzickzacks, welches sie umspannen, hinzieht. Die obere Haut, das sogenannte Schlagfell, wird mit zwei

*) Vergl. Schafhäutl's Bericht über die musikalischen Instrumente auf der deutschen Industrieausstellung in München, im Jahre 1854, S. 202 und 203.

hölzernen Klöpfeln geschlagen, und dadurch die in dem Kasten eingeschlossene Luft, die dünne Wand, sowie die untere Haut, das sogenannte Schallfell, in Erzitterung versetzt. Unter letzterem läuft eine doppelte Schnur oder Darmsaite her, welche durch ihr Anschlagen an das Schallfell dem Ton mehr Schärfe verleiht. — Die Trommel des Orchesters verdankt ihren sanfteren Ton dem Umstand, daß der Kasten nicht aus Messingblech, sondern aus Holz gebildet und die Schallsaite weggelassen ist. Auch die sogenannte große Trommel, welche den nämlichen Bau, wie die kleine, in 3 bis 4mal vergrößertem Maßstabe besitzt, ursprünglich der Janitscharenmusik angehörig, hat ihren Weg in das Orchester gefunden. Sie wird nur mit einem mit Leder gepolsterten Klöppel geschlagen, die Sangsaite fehlt bei ihr, um dem Ton die Schärfe zu nehmen; ihre Stimmung ist in c.

Das Virtuosenthum auf Pauke und Trommel ist nicht auf die Militärmusiken beschränkt geblieben. Im 18. Jahrhundert gaben fürstliche Hofpauker auf 14 Pauken Concerte und warfen dabei noch die Schlägel während des Spieles in die Luft, um sie im rechten Tacte wieder zu fangen.

Stäbe aus Stahl, Holz oder Glas können auf mannichfach verschiedene Weise in tönende Schwingungen versetzt werden und geben sehr klangvolle Töne aus. Sie bilden gewissermaßen das Mittelglied zwischen den Platten und Saiten; die Längenausdehnung herrscht bei ihnen entschieden vor, daher sie in ihren Querschwingungen nicht so zahlloser Abtheilungsarten fähig sind, wie die Platten, sondern eine bestimmte Reihe harmonischer Obertöne besitzen, wie die Saiten; aber ihre Breite und Dicke treten nicht in dem Grade gegen die Länge zurück, daß sie vollkommen biegsam wären und äußerer spannender Kräfte bedürften, um zu Tonschwingungen fähig zu werden; die innere Steifigkeit führt ihre Theile nach jeder Erschütterung durch Anschlag, Streichen oder Reiben in die Lage und Form zurück, bei welcher sich die inneren Kräfte in's Gleichgewicht setzen. Dem Bewegungsgesetze tönender Stäbe folgen die Schwingungen der Metallplättchen in den Zungenpfeifen der Orgel, der Rohrblättchen in den Mundstücken der Clarinette und Oboe, der Glasstreifen in der Glasharmonika, der Holz-

stäbe der Strohfiedel; Metallstäbchen bilden die Tonquelle in einer Menge klangvoller Musikinstrumente, in welchen der Erfindungsgeist neuerer Zeit der Musik ein neues Element zu gewinnen bestrebt war. Aber es scheint, als ob gerade die Steifigkeit der Stäbe und ihr verhältnißmäßig größeres Gewicht sie der Leichtigkeit der Behandlung entziehe, welche die neuere Musik fordert und deren die Saite und Luftsäule in so hohem Grade fähig sind.

Wenn man einen Stab in der Mitte festhält und gegen das eine Ende mit einem harzbestrichenen Tuchlappen der Länge nach reibt, so vernimmt man einen hellklingenden Ton. Die Theilchen schwingen dann in der Längenrichtung des Stabes und man darf diesen nur während des Tönens mit seinem einen Ende gegen eine ebene Unterlage aufsetzen, um an der zitternd fortgleitenden Bewegung die stürmische Molekularbewegung zu erkennen. Die elastischen Wellen, welche durch die Reibung fortwährend erregt werden, kreuzen sich mit den an den Enden des Stabes zurückgeworfenen und setzen sich zu einer stehenden Schwingung zusammen, bei welcher in der Mitte des Stabes ein Schwingungsknoten sich bildet, während die ganze Masse der beiden Hälften abwechselnd nach diesem Knoten sich hinbewegt und sich verdichtet, oder von demselben sich entfernt, indem sie sich verdünnt. Hält man den Stab in ein Viertel seiner Länge vom freien Ende aus und reibt in der Mitte, so bilden sich zwei Schwingungsknoten, während nicht nur an den freien Enden, sondern auch in der Mitte Stellen stärkster Hin- und Herbewegung oder Schwingungsbäuche liegen; die Octave des Grundtones erklingt. Mit drei Schwingungsknoten klingt die Quinte dieser Octave; die harmonische Oberreihe ist überhaupt dieselbe, wie bei querschwingenden Saiten. — Eine andere Reihe erhält man, wenn man das eine Ende des Stabes absolut unbeweglich befestigt. Der Grundton liegt eine Octave tiefer, als wenn der Stab an beiden Enden frei wäre; zwischen dem Schwingungsknoten am befestigten und dem Schwingungsbauche am freien Ende ist jetzt nur eine Viertelwelle enthalten. Der erste Oberton ist die Quinte der Octave, da der Stab dann zwei Schwingungsknoten und drei Viertelwellen enthält. Man erkennt leicht, daß die Schwingungszahlen der Obertöne in

beiderseits freien und in einerseits befestigten Stäben nach den folgenden Zahlenreihen fortschreiten :

beiderseits freie Stäbe	1	2	3	4	. . .
einerseits befestigte Stäbe	1	3	5	7	. . .

Diese Schwingungsart hat indessen keine musikalische Anwendung gefunden, so wenig, wie die Drehschwingungen, in welchen ein Stab tönt, der am einen Ende eingespannt, am anderen rechtwinkelig gegen seine Längenrichtung mit dem Violinbogen gestrichen wird.

Mehr musikalisches Interesse gewähren die Querschwingungen der Stäbe. Um ihre Gesetze zu erkennen, ruft man sie, ähnlich wie diejenigen der Platten, durch Streichen mittelst des Violinbogens hervor, die Abtheilungsart verräth sich durch die Knotenlinien, in welchen sich aufgestreuter Sand anhäuft. Wenn ein Stab beiderseits frei ist, so hat er bei der einfachsten Schwingungsart zwei Knotenpunkte im Abstand von etwa $\frac{1}{5}$ seiner Länge von den Enden. Während die mittlere Abtheilung aufwärts schwingt, bewegen sich die Enden abwärts und umgekehrt. Der Stab kann aber auch drei, vier, ja der Theorie zufolge jede noch so große Anzahl von Knotenpunkten haben, nur ist es nicht leicht, jede dieser Schwingungsarten nach Belieben einzuleiten. Wenn sich bei irgend einer Abtheilungsart die Knotenlinien durch aufgestreuten Sand scharf abgezeichnet haben, findet man, bei Stäben aus homogener Masse wenigstens, die Abstände je zweier nächsten Knotenlinien durchaus gleich; nur gegen die Enden hin trifft man kürzere Abtheilungen, die vorletzte nach jeder Seite hin ist nur $\frac{9}{10}$, die letzte nur $\frac{1}{3}$ so lang, als eine Abtheilung in der Mitte des Stabes. Eine Vergleichung der inneren Knotenabstände bei verschiedenen Abtheilungsarten desselben Stabes mit den sie begleitenden Tonhöhen zeigt, daß die Schwingungszahlen sich stets umgekehrt wie die Quadrate der Länge jener Abtheilungen verhalten. Dieß ist ein characteristischer Unterschied zwischen den Schwingungen von Stäben, welche, gleich wie Platten und Glocken, durch die innere Steifigkeit ihrer Masse Elasticität besitzen und ihre Form behaupten, und zwischen den Schwingungen von Saiten und dünnen Fäden, welche erst durch äußere Spannung zum Tönen geeignet werden. Eine Verkürzung der Saiten auf $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ der anfänglichen Länge läßt den Ton

um eine Octave und um eine Duodecime steigen, während bei den Stäben in jenen Fällen die Doppeloctave und die Secunde der dritten Octave auftritt, indem die Schwingungszahl im Verhältniß von 1 : 4 und von 1 : 9 sich erhöht.

Die oben angeführte Beziehung zwischen der Länge einer inneren Abtheilung und der Tonhöhe gilt auch noch, wenn der tönende Stab an einem Ende, oder auch, wenn er an beiden Enden fest eingespannt ist. Zählt man die eingespannten Stellen als Knotenpunkte mit, so entsprechen:

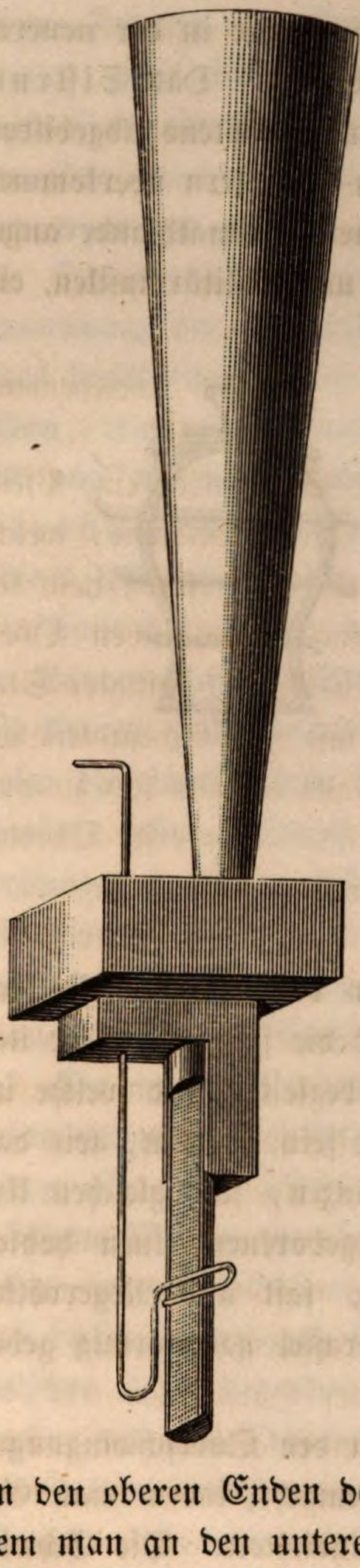
	2	3	4	5	. . . . n	Knotenpunkten
die Schwingungszahlen	3^2	5^2	7^2	9^2	$(2n-1)^2$	

Es ist offenbar, daß wenn auch eine Saite oder eine Pfeife mit einem Stabe gleichgestimmt ist, so daß die Grundtöne, welche sie bei der einfachsten Schwingungsart geben, gleich sind, doch keineswegs die Aliquottöne oder die Töne der harmonischen Oberreihe übereinstimmen können. Ein am einen Ende befestigter Stab kann auch in seiner ganzen Länge, also mit nur Einem Knotenpunkte, schwingen. Der Ton in diesem Falle verhält sich zu dem ersten in obiger Reihe sehr nahe wie $2^2 : 5^2$. Der erste Oberton ist also schon die Sexte der Doppeloctave des Grundtones.

Bei Stäben aus gleicher Masse aber von verschiedener Form ist außer der Länge auch noch die Gestalt des Querschnittes von wesentlichem Einfluß auf die Tonhöhe. Haben zwei Stäbe rechteckigen Querschnitt und sind sie auf einerlei Weise eingespannt, so verhalten sich die Schwingungszahlen der tiefsten Töne, welche sie geben, umgekehrt wie die Quadrate der Längen und gerade wie die Dicken der Stäbe, während die Breite ohne Einfluß ist.

Diese so äußerst einfachen Sätze gelten freilich nur, wenn die Stäbe durchaus gleichmäßigen Querschnitt haben, wie dieß z. B. bei den Metallzungen der Orgelpfeifen, der Harmonica und des Aeolodicons der Fall ist, während bei einem bekannten, anspruchslosen Instrument, der Maultrommel, die Zunge nicht so regelmäßig gebildet ist. Bei den Zungenpfeifen der Orgel kann der frei schwingende Theil der Zunge, wie die folgende Figur zeigt, mittelst eines federnden Messingdrahtes, der sogenannten Stimmkrücke, verkürzt oder verlängert werden. Die Tonhöhe der Zunge allein ändert

Fig. 39.



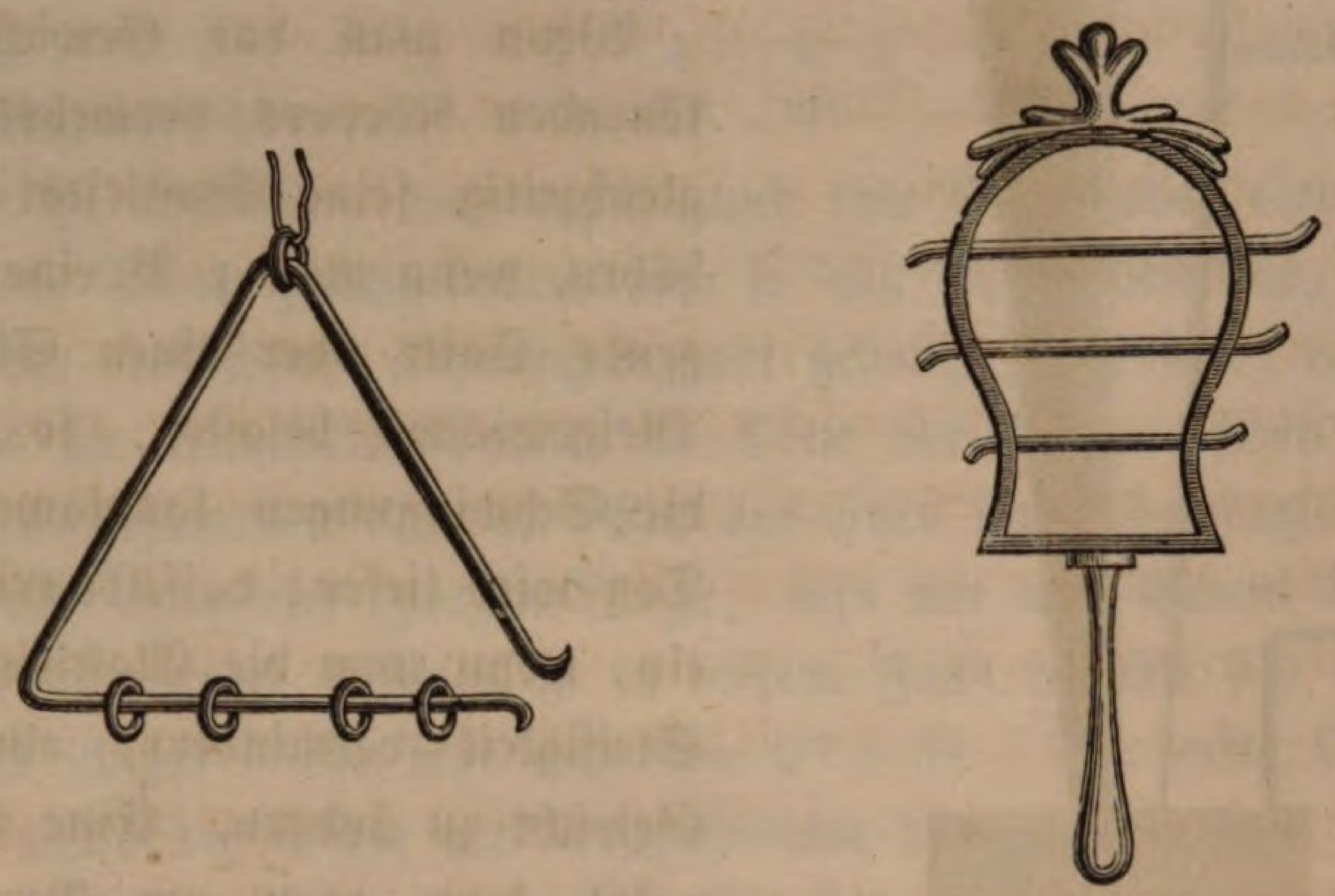
sich hier im umgekehrten quadratischen Verhältniß ihrer Länge. Die Höhe des Tones aber, welchen die ganze Pfeife ausgiebt, hängt außer von der Stimmung der Zunge noch von den Schwingungen einer Luftsäule ab, in einer Art, welche in späteren Betrachtungen erörtert werden wird.

Wenn man das Gewicht eines tönenden Körpers vermehrt, ohne gleichzeitig seine Elasticität zu erhöhen, wenn man z. B. eine schwingende Saite oder einen Stab mit Bleigewichten belastet, so werden die Schwingungen langsamer, der Ton wird tiefer; dasselbe tritt dann ein, wenn man die Elasticität oder Steifigkeit vermindert, ohne das Gewicht zu ändern. Eine Stimmgabel kann man um Bruchtheile einer einzigen Schwingung höher oder tiefer stimmen. Höher, indem man an der Stirnfläche der Zinken durch einen Feilstrich Weniges abnimmt, oder die Zinken an ihren Enden nur Weniges in der Dicke vermindert, da auf diese Weise zwar das Gewicht verringert, aber der Steifigkeit nicht merklich Abbruch gethan wird. Tiefer, indem man an den oberen Enden der Zinken kleine Gewichte ansetzt, oder indem man an den unteren Enden der Zinken durch Ausfeilen etwas an der Dicke abnimmt. Die Masse an dieser Stelle wird bei den Schwingungen so gut wie nicht bewegt, kann also durch ihre Trägheit auf die Dauer dieser letzteren keinen merklichen Einfluß äußern;

dagegen ist es gerade die Steifigkeit an dieser Stelle, welche die einmal eingeleitete Bewegung unterhält.

Klingende Stäbe finden sich im Alterthum wie in der neueren Zeit als Lärm- und Rasselinstrumente im Gebrauch. Das Sistrum erblickt man auf den ältesten Monumenten Aegyptens abgebildet, die Griechen und Römer hatten es von den Aegyptern überkommen und noch heutzutage findet man es in seinem Heimathlande angewendet. Das Triangel unserer Orchester und Militärmusiken, ein

Fig. 40.



zum Dreieck gebogener Stahlstab, ist den orientalischen Völkern entliehen, und auch die Castagnetten, welche die spanischen, die italienischen und südfranzösischen Volkstänze begleiten und welche im modernen Ballet unentbehrlich geworden zu sein scheinen, wie das ähnliche Crotalon einst bei den Bacchustänzen, sind gleichen Ursprungs; in Semeera schlagen die Eingeborenen einen hohlen Eisenstab mit dem bewaffneten Daumen, fast alle Negervölker Afrikas begleiten ihre Tänze mit dem Gerassel gabelförmig gebogener Eisenstäbe.

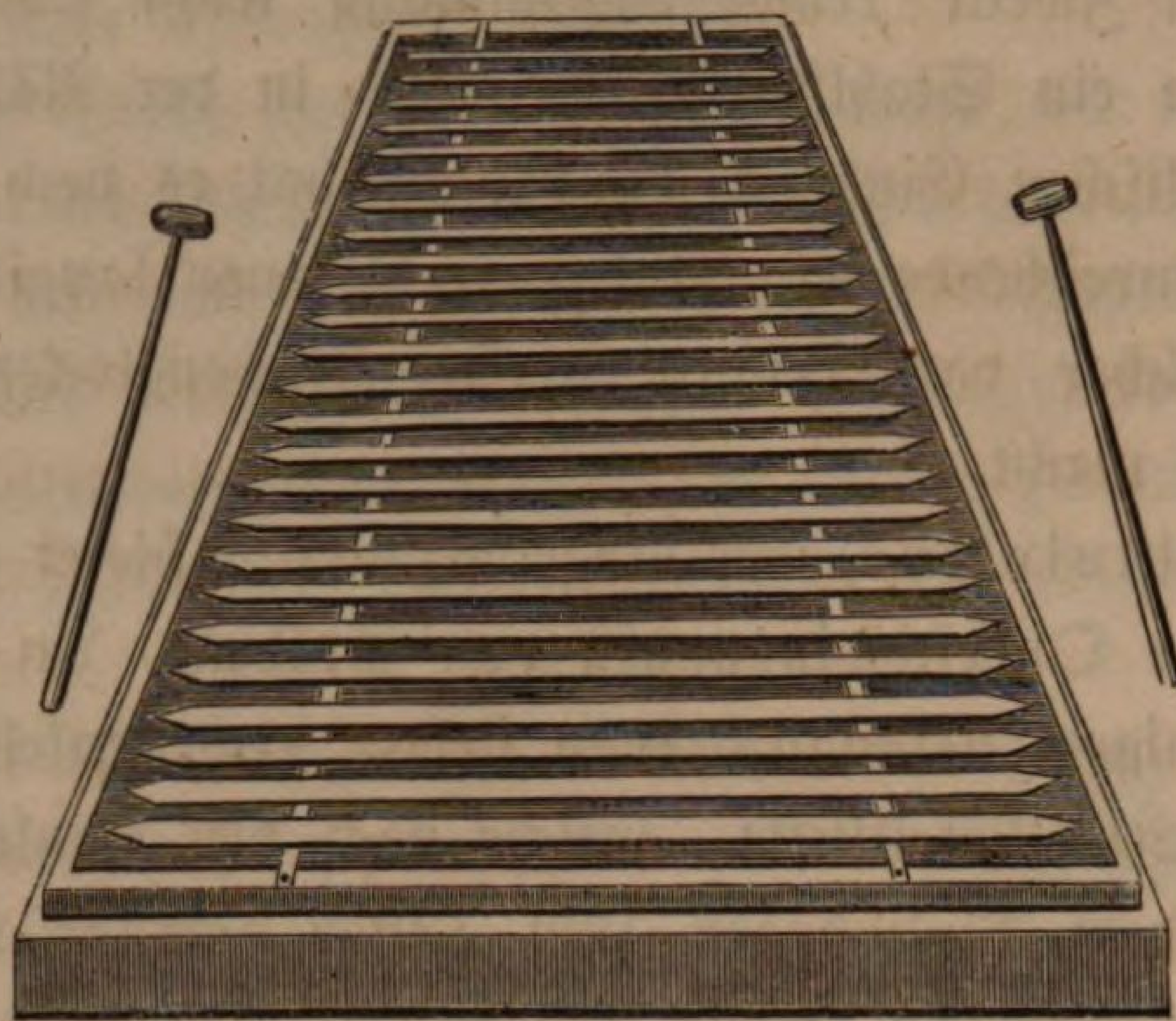
Eine edlere Anwendung hat man von den Querschwingungen der Stäbe zum Ersatz der Kirchenglocken gemacht, indem man Geläute von frei aufgehangenen Stahlstäben einrichtete. Die Schwierigkeit, den Guß großer Glocken so zu leiten, daß man des Zusammenstimmens derselben in einem reinen Dur- oder Mollaccord im Voraus gewiß sein kann, läßt ohne Zweifel ein Geläute aus Stahl-

stäben vortheilhaft erscheinen, bei welchen eine nachträgliche Bearbeitung zum Zwecke reiner Abstimmung leicht auszuführen ist. Wenn indessen ein Stahlstabgeläute auch in der Nähe einen ganz lieblich musikalischen Eindruck macht, so hat es doch nicht jene in weite Ferne hinreichende Klangfülle, nicht jenen langsam verhallenden Ton, welcher das Geläute großer Kirchenglocken so feierlich und ergreifend macht.

Die Stahlvioline oder Nagelharmonika bietet ebenfalls eine Anwendung der Querschwingungen von Stäben. An dem Umfang eines kreisförmigen Resonanzbodens stehen, rechtwinkelig gegen denselben, etwa 20 Metallstifte, welche nach der Tonleiter gestimmt sind und mit dem Violinbogen zum Tönen gebracht werden. Die Glasstabharmonika besteht aus einem anderthalb Fuß langen, 2 bis 3 Zoll hohen Kasten, dessen Deckel einen ungefähr 2 Zoll breiten Einschnitt hat. Unter demselben liegen auf zwei straff ausgespannten Bändern schmale Streifen von gewöhnlichem Fensterglas, welche, mit kleinen Hämmerchen von Korkholz angeschlagen, in diatonischer Folge die eingestrichene Octave, nebst noch einigen Tönen auf- und abwärts geben. Durch die Bänder werden die schwingenden Abtheilungen begrenzt, daher dieselben geneigt gegeneinander gespannt sein müssen, um für die tieferen Töne mehr Raum zwischen sich zu lassen. Die Stimmung des Instrumentes kann dann allein durch Verschiebung der Glasstreifen auf ihrer Unterlage geschehen.

Ein in der Art des Baues ähnliches, aus klingenden Holzstücken zusammengesetztes Instrument ist die Strohfiedel oder Holzharmonika, Figur 41. Sie besteht aus halbcylindrischen, oben und unten zugespitzten Stäben von Tannenholz, welche auf ausgespannten Strohseilen oder mit Stroh umwundenen längeren Holzstäben so aufliegen, daß diesen Unterlagen Knotenpunkte der Stäbe entsprechen und die zwischen ihnen liegenden Abtheilungen die Töne geben. Diese Töne werden mit zwei Stäbchen, welche, ähnlich den Trommelschlägeln, oben mit Knöpfen versehen sind, hervorgerufen; es können also beim Spiel offenbar nicht mehr als zwei Töne zugleich angegeben werden. Das Instrument ist in unvollkommener Form seit undenklichen Zeiten bei den Russen, Kosacken, Tartaren, Polen, besonders aber unter den Gebirgsvölkern der Karpathen und des Urals unter dem Namen

Fig. 41.



Jerova i Salamo im Gebrauch. Als deutsches Instrument wird es schon gegen die Mitte des 16. Jahrhunderts von Martin Agricola beschrieben und mit einer Scale von 25 Tönen von F bis f_2 abgebildet. Noch ist die Holzharmonika nicht ganz verlassen, und der große Beifall, welchen Gusikow in den Jahren 1831 bis 1836 auf seiner Kunstreise durch ganz Europa fand, beweist, welcher musikalischer Wirkungen selbst ein so einfaches Instrument bei genialer Behandlung fähig ist. — Auch bei den Chinesen findet sich ein Instrument aus klingenden Holzstäben, welche über eine metallene Vase in Form eines Schiffbauches gelegt sind; die Siamesen besitzen in dem Bran-nan ein aus Holzstäben bestehendes Instrument, in welchem diese Stäbe im Bogen aneinander gestellt sind, und wie diejenigen der Strohfiedel, mit Klöpfeln geschlagen werden.

Alle die genannten Instrumente, in welchen schwingende Stäbe den Ton geben, gehören zu der Klasse von weniger vollkommenen musikalischen Werkzeugen, welche Chladni Klinginstrumente genannt hat, im Gegensatz zu den Singinstrumenten, deren Ton beliebig angehalten werden kann und eines stetigen Anschwellens und Wiederabnehmens fähig ist, wie die Töne der mit dem Bogen gestrichenen Saite und der Blasinstrumente. Gerade darum, weil die Saite und die schwingende Luftsäule zu dem gedachten Zwecke bereits ausgebeutet waren, stellte sich der genannte Akustiker die Aufgabe, ein Singinstrument zu erbauen, in welchem schwingende Stäbe

die Tonquelle abgeben. Sollte ein Stab, welcher an einem oder an zwei Enden befestigt ist, einen Ton geben, welcher allein von der Steifigkeit, dem Gewicht und der Form des Stabes abhängig ist, so müßte er mit sehr schweren Massen auf eine äußerst innige, unveränderliche Art verbunden sein. In dem Bau eines musikalischen Instrumentes aber lassen sich diese Bedingungen nicht leicht verwirklichen, Chladni wählte darum als Tonquelle Eisenstäbchen mit beiderseits freien Enden, welche, um die einfachste Schwingungsart hervorzurufen, an zwei von den Enden um gleich viel abstehenden Punkten auf einer Holzleiste aufgelegt waren, die ihrerseits mit einem Resonanzboden in Verbindung stand. Die freien Enden des Stabes bildeten entweder seine geradelinige Verlängerung, oder sie waren in möglichst ebenmäßiger Rundung gebogen. In der Mitte der Stäbe, also an demjenigen Punkt der mittleren Abtheilung, welcher die stärksten Schwingungen annehmen sollte, rechtwinkelig gegen ihre Richtung, waren sogenannte Streichstäbe von Holz oder von Glas befestigt, auf welche die schwingungerregende Kraft unmittelbar wirkte.

Von Holz waren die Streichstäbchen in dem sogenannten Clavicylinder. Durch Treten mit dem Fuße wurde in diesem Instrumente eine gläserne Walze in Umdrehung versetzt, welche gleiche Länge hatte mit einer Claviatur von etwas mehr als 4 Octaven von D bis f_3. Ein Schwungrad gab der Umdrehung der Walze eine hinlängliche Gleichmäßigkeit. Das Niederdrücken der Tasten brachte die Streichstäbe je nach Belieben in mehr oder weniger innige Berührung mit der Walze. Am Punkte der Berührung war der Streichstab mit einem Tuchstreifchen belegt, die Walze wurde vor dem Spielen jedesmal mit Wasser benetzt, damit das Ansprechen der Töne rascher und sicherer erfolge.

Ist schon der Clavicylinder darin der Orgel ähnlich, daß er mehr für gebundene, gehaltene, durch gute Harmonie unterstützte Sätze geeignet ist, als für solche, in welchen schnell laufende und springende Gänge vorkommen, so ist dieß noch mehr mit dem Euphon der Fall, in welchem die Streichstäbe von Glas sind und unmittelbar mit den benetzten Fingern gestrichen werden. Anstatt der Tasten einer Claviatur hat man die Reihe der Streichstäbe vor

sich. Chladni wählte sie für die ganzen Töne von milchweißem, für die Halbtöne zur Erleichterung der Uebersicht von farbigem Glase.

Die tiefen Töne sprechen leichter auf dem Euphon an, als auf dem Clavicylinder, im Ganzen jedoch steht das erstere Instrument nur in dem Range einer Harmonika und zeichnet sich mehr durch das Sanfte und Aetherische des Klanges, als durch die Vielseitigkeit des Gebrauches aus.

Es leuchtet ein, warum die beiden Instrumente, welche der genannte deutsche Akustiker mit so rühmlichem und aufopferndem Fleiße ausführte, niemals größere Verbreitung als Concertinstrumente erlangen konnten. Mit der Orgel aber als Begleitungsinstrument des religiösen Gesanges zu rivalisiren vermochten sie nicht, da sie bei Weitem nicht die Fülle und das Durchgreifende des Orgeltones besitzen, welcher sich in großen Räumen wirksam erweisen muß.

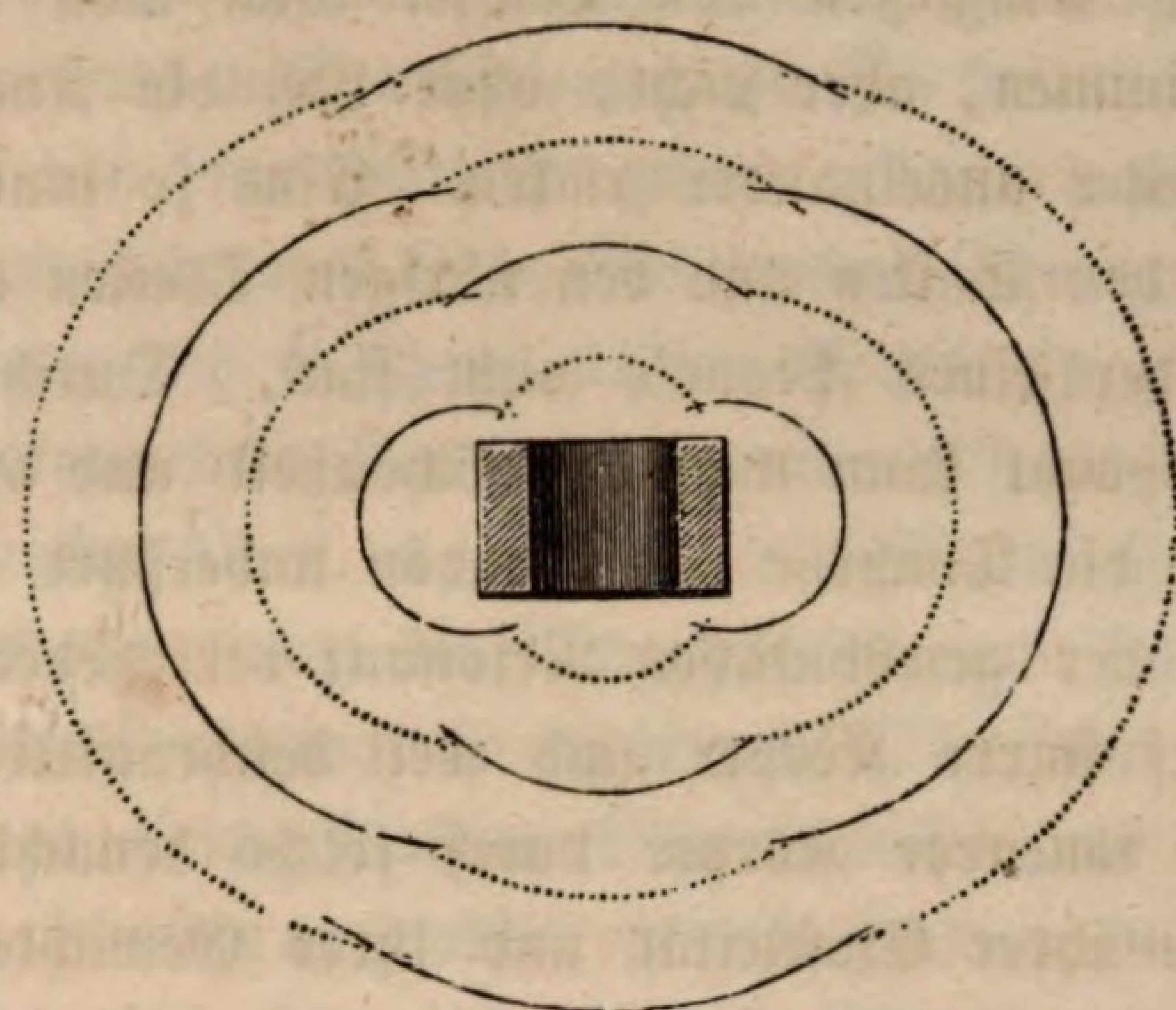
Aehnliches Schicksal, auf den Gebrauch weniger Liebhaber beschränkt zu bleiben, theilte noch eine große Zahl anderer Instrumente, in welchen klingende Stäbe das Tongebende sind, das Melodicon, bei welchem eine Reihe auf einen Resonanzboden aufgeschraubter Stimmgabeln mittelst einer Tastatur angeschlagen wird, das Nagelclavier, bei welchem Eisenstifte durch ein mit Colophonium bestrichenes Leinenband, das Panmelodicon, in welchem Eisenstäbchen, das Terpodion, in welchem Holzstäbe mittelst einer Walze in Schwingung versetzt und zum Tönen gebracht werden.

Saiten und Stäbe bedürfen nicht darum allein der Tonverstärkung durch Resonanz, weil sie der Luft so wenig Oberfläche darbieten, sondern auch weil die bei jeder Schwingung auf der Vorder- und Hinterfläche gleichzeitig entstehenden Verdichtungs- und Verdünnungswellen in einigem Abstand von der Tonquelle zusammengehen und ihre Wirkung gegenseitig schwächen.

Eine tönende Stimmgabel sendet bei jeder Schwingung von der Innenfläche der Zinken eine Verdünnungswelle aus, in demselben Augenblick, in welchem von den Außenflächen Verdichtungswellen ausgehen. Wenn man die Gabel vor dem Ohre dreht, unterscheidet man sehr wohl die vier Richtungen, in welchen beide Wellensysteme ihre Wirkung compensiren (wie dieß die folgende Figur, in welcher

die Endflächen der Gabel sichtbar sind, andeutet) und darum auch nicht mehr auf das Gehör wirken.

Fig. 42.



In geringem Abstande von der Gabel hat eine so vollständige Durchdringung beider Wellensysteme stattgefunden, daß man kaum noch einen Ton vernimmt. Wenn man den Gabelfuß, welcher bei jeder Schwingung einmal sich hebt und senkt, auf eine Resonanzplatte aufsetzt, erhält man erst wieder einen kräftigen Ton, da von der mitschwingenden Fläche nur Wellen Einer Art in merklicher Stärke zum Ohre gelangen. — Jedesmal, wenn die Resonanz durch das Mitschwingen starrer Körper hervorgebracht wird, sind die eigentlichen Tonerreger nur an dieselben gelehnt, wie die Gabel auf die Tischplatte, die Saiten auf den Steg und den Sattel, damit ihre Tonhöhe unabhängig von den mitschwingenden Massen bleibt, welchen die Bewegung durch kleine Stöße der Saiten oder Stäbe mitgetheilt wird. Körper, welche innig miteinander verbunden sind, müssen sich stets in den Schwingungen aller ihrer Theile in Einklang setzen und dann wirkt die Elasticität, die Spannung und das Gewicht jedes einzelnen Theiles mitbedingend auf die Tonhöhe. Saiten und Stäbe würden dann den einfachen Character verlieren, welcher ihre Tonhöhe im Voraus nach Länge und Spannung zu bemessen gestattet und ihre leichte musikalische Behandlung bedingt.

Wenn man rechtwinkelig gegen den Rand einer Glasglocke tannene Stäbchen festkittet und sie mit Sand bestreut, so kann man an

der Anordnung der Knotenlinien wahrnehmen, daß mit der Höhe des Tones, welchen man durch Streichen mit dem Violinbogen der Glocke entlockt, auch die Dauer der Schwingungen jener Stäbe sich ändert. Durch Eingießen von Wasser kann man den Ton der Glocke tiefer stimmen, aber nicht, ohne daß die Knotenlinien auf den Stäben weiter auseinander rücken. Eine so innige Beziehung findet zwischen den Saiten und den übrigen Theilen eines Streichinstrumentes oder eines Piano's nicht statt. Durch Aenderungen am Resonanzapparat kann man die Schönheit und die Stärke des Tones erhöhen, die Tonhöhe bleibt davon unberührt.

Eine von der gewöhnlichen Resonanz verschiedene und in der Anwendung auf starre Körper auch weit beschränktere Tonverstärkung erhält ein tönender Körper durch solche benachbarte Massen, welche vermöge ihrer Elasticität und ihres Gewichtes fähig sind, Schwingungen von gleicher Dauer zu vollenden, welche also gleichgestimmt sind. In einem Zimmer, in welchem Saiteninstrumente sich befinden, vermag ein Ton alle gleichgestimmte Saiten in mittönende Schwingungen zu versetzen; auch die Saiten der Octave, der Duodecime, kurz der harmonischen Oberreihe klingen leise mit und solche, welche um eine Octave oder eine Duodecime tiefer gestimmt sind, theilen sich unter dem Einfluß der durch die Luft gehenden Schallwellen in zwei oder drei schwingende Abtheilungen und tönen im Einklang mit. Eine einzige Luftwelle vermag bei der geringen Oberfläche, welche die Saiten dem Stoße darbieten, gewiß nur wenig; aber die hundert- oder tausendmalige Wiederholung in einer Secunde summirt die Wirkung bei allen gleichgestimmten Saiten, während bei ungleich gestimmten, wegen der Verschiedenheit der Schwingungszeiten, jeder folgende Wellenschlag die Wirkung des vorhergehenden theilweise vernichtet. Für den Ton der tieferen Octave ist die Aufhebung jedes Impulses durch den folgenden sogar eine vollständige.

In einem bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts sehr verbreiteten und beliebten Streichinstrument, der Viole d'amour, war Anwendung von der Resonanz gleichgestimmter Saiten gemacht. Dieses Instrument, der Größe nach zwischen der Viola und dem Violoncelle stehend, hatte einen sehr zarten lieblichen Ton; wahr-

scheinlich darum, weil die 6 oder 7 Darmsaiten auf einem sehr hohen Steg, weit vom Resonanzboden, gespannt waren. Unter den Darmsaiten, dicht über dem Resonanzboden und dem Hals des Instrumentes weg, liefen sieben Messingsaiten in gleicher Stimmung mit den entsprechenden Darmsaiten. Freilich konnte die mitklingende Resonanz nur den freien Saiten gelten und es mußte im Uebrigen manches Verwirrende aus jener Anordnung hervorgehen. Dieselbe findet sich heute noch in ganz gleicher Weise an einem arabischen Streichinstrumente, dem Kemangeh-roumy, dessen sechs Darmsaiten in den Intervallen C, F, A, cis, fis, h gestimmt sind.

Weit hörbarer findet die Uebertragung des Tones durch Luftwellen zwischen Körpern von größerer Oberfläche statt. Wenn zwei vollkommen gleichgestimmte Stimmgabeln, auf Resonanzkästen aufgeschraubt, einander gegenüber gestellt werden und man eine derselben anschlägt und kurz darauf ihre Bewegung wieder hemmt, hört man die andere, ohne daß sie berührt wurde, laut ertönen. Von einer tönenden Glasglocke überträgt sich der Ton durch die Luft auf eine gespannte Membran mit solcher Stärke, daß sich aufgestreuter Sand plötzlich in Resonanzfiguren ordnet. Selbst Thüren und Fenster eines Concertsaales kann man bei gewissen Tönen plötzlich klirren hören, wenn sich stehende Schwingungen auf denselben bilden.

Die Luftmassen in den Kästen der Saiteninstrumente tragen zur Tonverstärkung bei; Boden und Decke übertragen auf dieselben die Schwingungszustände aller Töne, welche im Umfang des Instrumentes liegen. Die stärkste Resonanz giebt aber eine Luftmasse dann, wenn sie mit dem zu verstärkenden Ton gleichgestimmt ist, also, als Pfeife angeblasen, in gleicher Höhe tönen würde. Der Ton schwingender Stäbchen, wie z. B. der Zinken der Stimmgabel, wird durch gleichgestimmte cylindrische Luftsäulen schon darum bedeutend verstärkt, weil nur die von Einer Seitenfläche ausströmenden Wellen zur Bildung der stehenden Schwingungen mitwirken. Ein interessantes Beispiel solcher Tonverstärkung bildet der Gender, eines der zahlreichen auf Java gebräuchlichen Schlaginstrumente. Der Gender, wie ihn Stramford Raffle mit nach Europa brachte, besteht aus elf Metallplatten, welche an zwei aus-

gespannten Fäden horizontal aufgereiht und so abgestimmt sind, daß sie die diatonische Tonleiter durch zwei Octaven, mit Ausnahme der Quarte und Septime, geben. Unter jeder Platte steht ein mit ihr gleichgestimmtes Bambusrohr, dessen obere Mündung nach Belieben des Spielers mit einem Deckel geschlossen oder wieder geöffnet werden kann. So lange die Röhren geschlossen sind, geben die mit einem Hämmerchen angeschlagenen Platten nur einen dumpfen und rauhen Klang; dieser tritt aber hell und wohlklingend hervor, sobald bei geöffneter Röhre die Resonanz der Luft zur Mitwirkung kommt.

Inhalt der ersten Lieferung.